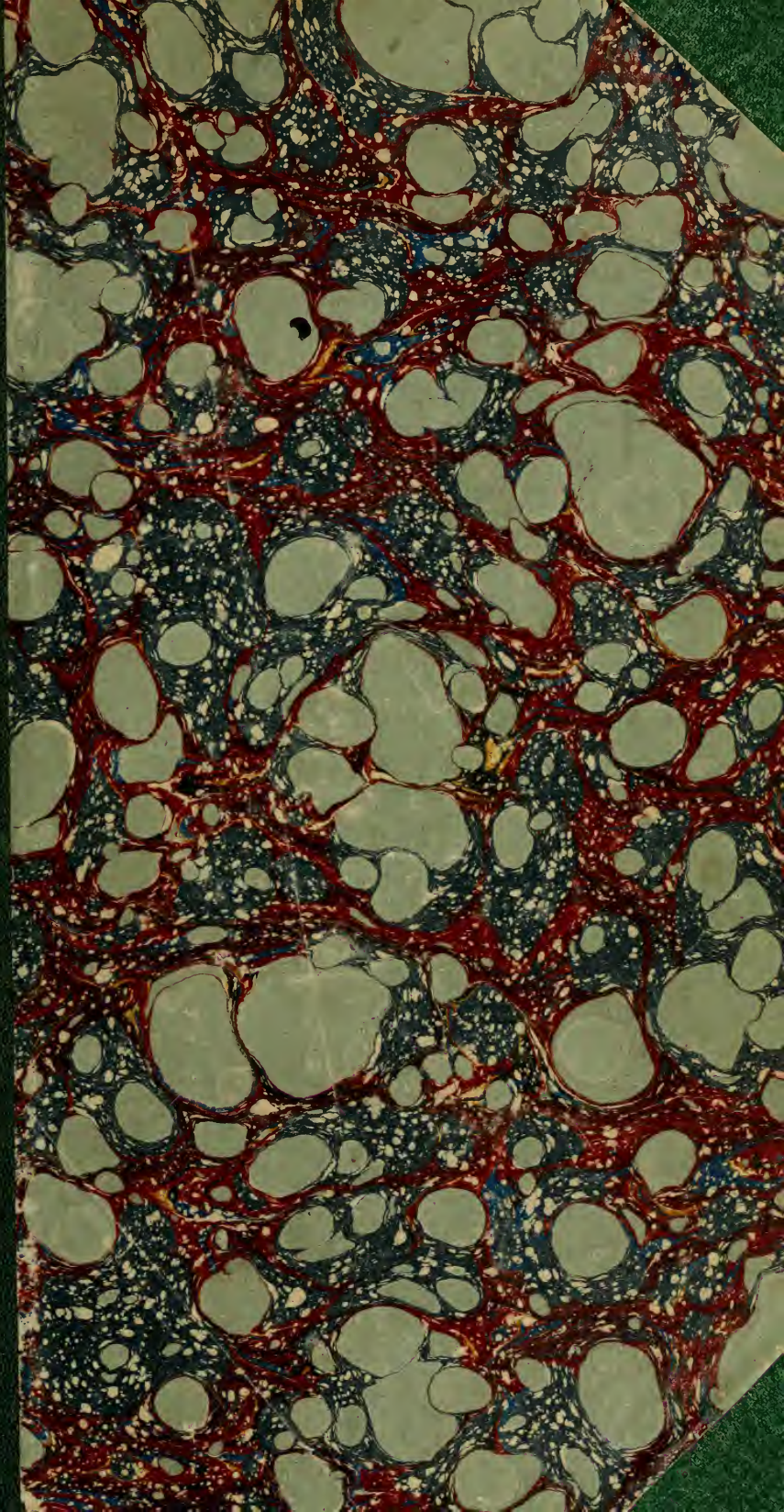


O 888

1944.8

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

From
La Société Hollandaise des Sciences
No. 3940

ARCHIVES NÉERLANDAISES

DES

SCIENCES

EXACTES ET NATURELLES

PUBLIÉES PAR

LA SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES A HARLEM,

ET RODIGÉES PAR

E. H. VON BAUMHAUER

Secrétaire de la Société,

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. **R. van Rees, D. Bierens de Haan, C. A. J. A. Oudemans, W. Koster et J. A. Herklots.**

TOME CINQUIÈME.

LA HAYE,
MARTINUS NIJHOFF,
1870.

TABLE DES MATIÈRES.

Programme de la Société Hollandaise des Sciences à Harlem pour l'année 1870 . . . . . Pag. I—VII.
J. A. Groshans, Sur la chaleur de vaporisation et les chaleurs spécifiques des corps solides et liquides . . . . . Pag. 1.
F. J. Stamkart, Sur une méthode simple pour la comparaison exacte des mesures de longueur . . . . . " 15.
F. J. Stamkart, Sur la détermination de petites différences de longueur, la mesure de faibles épaisseurs dans les petits objets, et l'observation de faibles déplacements dans les grands objets. " 24.
Emil Selenka, Sur la morphologie des muscles de l'épaule chez les oiseaux . . . . . " 48.
F. C. Donders, Les mouvements de l'œil éclairés à l'aide du phénophthalmotrope . . . . . " 55.
F. A. W. Miquel, Nouveaux matériaux pour servir à la connaissance des Cycadées . . . . . " 74.
F. A. W. Miquel, Contributions à la Flore du Japon . . . . . " 89.
E. H. von Baumhauer, Sur la densité de l'alcool et des mélanges d'alcool et d'eau . . . . . " 97.
W. F. R. Suringar, Une nouvelle espèce d'argostemma, contribution à la Flore de l'Inde Néerlandaise . . . . . " 116.
J. A. Herklots, Deux nouveaux genres de crustacés vivant en parasites sur des poissons, — epicthys et ichthyoxenos . . . . . " 120.
N. W. P. Rauwenhoff, Observations sur les caractères et la formation du liége dans les dicotylédones . . . . . " 138.
H. Vogelsang, Sur les cristallites. Etudes cristallogénétiques . . " 156.
J. A. Groshans, Sur les chaleurs specifiques des corps solides et liquides . . . . . " 193.
C. K. Hoffmann et H. Weyenbergh Jr., Sur la place du Chyromys dans la méthode naturelle . . . . . " 214.
G. F. W. Baehr, Note sur les résultats d'une étude mathématique des mouvements de l'œil . . . . . " 233.
H. Hartogh Heys van Zouteveen, La forêt pétrifiée du Caire, les collines de tessons de poterie de la Basse-Egypte et la première cataracte du Nil . . . . . " 238.
H. Hartogh Heys van Zouteteen, Sur la synthèse du sulfocyanate d'ammonium (rhodan-ammonium) . . . . . " 240.

V. S. M. van der Willigen, Observations sur la machine électrique de Holtz ..... Pag. 242.
A. C. Oudemans Jr., Sur le dosage volumétrique du fer par l'hyposulfite de soude ..... " 248.
H. Weyenbergh Jr., Quelques observations de parthénogenèse chez les lépidoptères ..... " 258.
C. Ritsema Cz., Sur l'origine et le développement du periphyllus testudo v. d. H. ..... " 265.
J. van Geuns et E. H. von Baumhauer, Extrait d'un rapport sur la purification de l'air des hôpitaux par la combustion des germes organiques ..... " 270.
P. J. van Kerckhoff, Sur la constitution de quelques carbures d'hydrogène ..... " 273.
P. J. van Kerckhoff, Quelques essais concernant le titrage des alcoloïdes du quinquina ..... " 284.
A. Nyland, Sur la durée et la marche des courants galvaniques d'induction ..... " 292.
A. W. M. van Hasselt, Études sur le pholcus opilionoïdes Schrank ..... " 340.
P. A. Bergsma, Sur la variation diurne de l'inclinaison magnétique à Batavia ..... " 357.
W. Marshall, Notes pour servir a la connaissance du presbytes albigena, Gray ..... " 364.
F. Seelheim, Matériaux pour la connaissance du basalte ..... " 369.
Hugo de Vries, Matériaux pour la connaissance de l'influence de la température sur les plantes ..... " 385.
W. Marshall, Quelques observations sur la splanchnologie du rhinochaetes jubatus, Ver. et Desm ..... " 402.
J. A. Herklots, Sur quelques monstruosités observées chez des Crustacés ..... " 410.
H. Weyenbergh Jr., Sur la manière de vivre de l'eurytoma longipennis Walk ..... " 420.
A. Heynsius, La preuve directe que les globules du sang fournissent de la fibrine ..... " 428.
H. Hartogh Heys van Zouteveen, Nouveaux résultats de mesures par le planimètre polaire d'Amsler ..... " 440.
H. J. van Ankum, Note sur la nidification de vespa germanica Fabr. " 443.
D. Bierens de Haan, Sur quelques nouvelles formules de réduction dans la théorie des intégrales définies ..... " 447.
A. Adriaansz, Sur le dosage de l'acide phosphorique en présence de l'oxyde de fer et de l'alumine ..... " 471.

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LA CHALEUR DE VAPORISATION ET LES CHALEURS SPÉCIFIQUES DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES,

PAR

J. A. GROSHANS.

1. J'ai communiqué dans ce journal (T II, 1867) un extrait d'une brochure publiée sous le titre de *Etudes et considérations sur la nature des Eléments (corps non-décomposés) de la chimie*, où j'ai traité de quelques propriétés physiques des corps, points d'ébullition et volumes spécifiques, dans leurs relations avec la composition atomique.

2. Dans cette brochure j'ai donné une liste de 28 corps, $C_p\ H_q\ O_r$, qui s'accordent en la propriété que les densités d de vapeur, à $0^m,76$ et aux points d'ébullition, sont exactement proportionnelles aux nombres $p + q + r = n$.

3. De ces 28 corps j'en mentionnerai ici trois; — je calculerai la densité d par la formule

$$d = 62,167 \frac{a}{273 + s},$$

dans laquelle a est le poids atomique (moléculaire) des corps.

		a	s		d	n
1. Ether.	$C_4\ H_{10}\ O$	74	34,9	Kopp. . . .	14,94	15
2. Ether propionique	$C_5\ H_{10}\ O_2$	102	100	Pierre . . .	17	17
3. Ether oxalique . .	$C_6\ H_{10}\ O_4$	146	180	Mitscherlich	20,04	20

4. J'ai montré dans la brochure, qu'on pouvait admettre pour tous les corps, composés de C, de H et de O, la propriété énoncée par la formule:

$$\frac{d'}{d''} = \frac{n'}{n''} \cdot \frac{x''}{x'}$$

les nombres x étant des constantes, que j'ai appelées *déviations*, et dont j'ai donné les valeurs.

5. Il résulte de cette propriété, qui doit être la même à toutes les pressions, qu'on peut admettre pour deux corps quelconques:

$$\frac{273 + t'}{273 + t'} = \frac{273 + s'}{273 + s'}$$

(t' et t' étant des températures correspondant à une pression p, autre que $0^m,760$.)

6. Il résulte de la dernière formule, que quand on admet:

$$p = \mathrm{F}\ (\mathrm{T})$$

(T étant la température d'une vapeur saturée, augmentée de 273), on a $\frac{dp}{d\mathrm{T}} \cdot \mathrm{T} =$ Constante, pour toutes les vapeurs sous la même pression p; la constante elle-même variant avec la valeur de p.

7. Quoique cette dernière formule ne se vérifie pas exactement pour tous les corps, les différences entre les résultats du calcul et ceux de l'observation ne peuvent être attribuées qu'à l'action des forces moléculaires.

8. La formule $\frac{dp}{d\mathrm{T}} \cdot \mathrm{T} =$ Constante (pour toutes les vapeurs sous la même pression) contient la preuve de la vérité d'une proposition importante en physique, qui a été énoncée pour la première fois par Despretz, et qui se trouve dans plusieurs Traités de physique: „que, sous la même pression, la chaleur de vaporisation varie en raison inverse de la densité de la vapeur."

Cette proposition a été souvent combattue, et elle n'est pas encore généralement admise. M. Zeuner, dans son ouvrage: *Théorie mécanique de la chaleur*, observe que quand on prend pour base des calculs les dernières expériences de M. Regnault, cette pro-

position ue se vérifie nullement; et il conclut, „que ces nombres (trouvés par M. Regnault) diffèrent cependant assez peu les uns des autres, pour qu'on puisse dire, au moins, que la chaleur de vaporisation de l'unité de volume de la vapeur est approximativement la même pour toutes les vapeurs sous la même pression."

9. En admettant donc cette proposition et, en même temps, que les différences entre les résultats du calcul et ceux de l'observation peuvent être attribuées à l'action encore peu connue des forces moléculaires, on peut tirer de cette proposition des conséquences très-importantes, entre autres les lois des chaleurs spécifiques des corps solides et liquides.

10. Il me faut recourir pour cela au phénomène *des volumes réduits égaux*, que j'ai signalé dans la brochure; je rappellerai ici que j'ai nommé volume réduit le volume observé à la température de l'ébullition s, multiplié par la fraction $\frac{273}{273+s}$:

$$vr = vs. \frac{273}{273+s}.$$

Je mentionnerai ici les volumes réduits des trois corps du paragraphe 3.

		vs	s	vr
1. Ether	$C_4 H_{10} O$	106,1 Kopp	35	94,0
2. Ether propionique .	$C_5 H_{10} O_2$	125,8 Kopp	100	92,1
3. Ether oxalique . . .	$C_6 H_{10} O_4$	166,8 Kopp	180	100,5

11. Nous avons de fortes raisons pour croire que les volumes spécifiques sont comparables aux points d'ébullition, et le phénomène des volumes réduits égaux est une de ces raisons; — il s'ensuit de cette hypothèse qu'il faut admettre: „que tous les liquides, en passant d'une tension de 760^{mm} à celle de $(760 \pm p)$, se dilatent ou se contractent d'une quantité égale."

12. Il n'est pas difficile de faire des observations à ce sujet; on est en possession de tables exactes de dilatation pour un grand nombre de liquides, et, d'autre part, on sait (paragraphe 5) que quand deux corps ont leur point d'ébullition à s' et s'', on a des températures

correspondantes en prenant les températures $\frac{m}{n}(273 + s')$ et $\frac{m}{n}(273 + s'')$.

13. En faisant des observations pareilles, on peut constater que pour un grand nombre de liquides les dilatations, sans être égales, ont cependant une certaine ressemblance.

14. Pour les deux corps suivants on a à peu près l'égalité.

Pour ces deux corps, qui donnent:

$$d = n,$$

les points d'ébullition observés s'accordent avec les points d'ébullition calculés.

		s calc.
1. Ether méthyl-benzoïque	$C_8 H_8 O_2$	196,7
2. Ether propionique	$C_5 H_{10} O_2$	100

A la température 0° de l'éther propionique correspond $t = 70°,7$ de l'éther méthyl-benzoïque; j'ai calculé, d'après les expériences de M. Kopp, la dilatation de l'éther méthyl-benzoïque de 12°,6 en 12°,6, intervalle correspondant à 10 degrés pour l'éther propionique, en prenant pour unité le volume de l'éther méthyl-benzoïque à 70°,7; il en est résulté le tableau suivant:

Comparaison des dilatations de l'éther méthyl-benzoïque et des deux éthers isomères entre eux, l'éther méthyl-butyrique et l'éther propionique, à des température correspondantes.

ETHER MÉTHYL-BENZOÏQUE.			ETHERS $C_5 H_{10} O_2$.		
t'	Vol. 0° = 1	Vol. 70°,7 = 1	t''	Méthyl-butyrique.	Propionique.
70°,7	1,0684	1	0	1	1
83 ,3	1,0819	1,0127	10	1,0122	1,0130
95 ,9	1,0959	1,0257	20	1,0247	1,0261
108 ,5	1,1103	1,0392	30	1,0378	1,0396
121 ,1	1,1254	1,0534	40	1,0514	1,0533
133 ,7	1,1410	1,0680	50	1,0655	1,0678
146 ,3	1,1572	1,0832	60	1,0804	1,0828
158 ,9	1,1740	1,0989	70	1,0959	1,0984
171 ,5	1,1915	1,1152	80	1,1123	1,1151
184 ,1	1,2097	1,1323	90	1,1294	1,1325
196 ,7	1,2286	1,1509	100	1,1475	1,1510

15. Cependant, quelquefois il n'y a pas même de ressemblance, et il serait facile d'indiquer des liquides, dont on peut être assuré parfaitement que les volumes ne sont pas comparables, dans l'état actuel de la science, ni à la pression de 0,76, ni à toute pression moindre.

16. Ce seraient par exemple:

Le mercure, dont le volume de 0° à 350° se dilate de $6\frac{1}{2}$ pour cent;

L'eau, dont le volume de 0° à 100° se dilate de 4 pour cent;

L'acide formique, dont le volume de 0° à 105° se dilate de 12 pour cent.

17. J'admettrai ici, que les volumes des trois corps mentionnés dans les paragraphes 3 et 10 se dilatent d'une égale quantité, quand la pression change de 760^{mm} à $(760 + p)$.

18. De ce qu'on a pour ces corps:

$$\frac{v\,s'}{v\,s''} = \frac{273 + s'}{273 + s''}$$

il s'ensuit: qu'un centimètre cube de chaque liquide, à $s°$, étant réduit en vapeur par la chaleur, donnera un nombre égal v de centimètres cubes de vapeur à $s°$ et à $0^m,76$.

19. D'après la proposition de Despretz, ces v centimètres de vapeur contiennent pour chaque liquide une quantité égale de chaleur de vaporisation $= q$.

20. En fournissant donc à un centimètre cube de chaque liquide une quantité égale de chaleur q (qu'on peut se représenter comme très-petite), et en empêchant la vapeur de se former, ces centimètres cubes s'échaufferont de ι' et ι'' degrés, la pression deviendra $(760 + p)$ et la dilatation sera égale pour chaque corps.

21. Les quantités q peuvent donc être regardées comme les chaleurs spécifiques pour un centimètre cube de liquide et pour un nombre de degrés capable d'augmenter la pression de 760^{mm} à $(760 + p)$.

22. Il est maintenant facile de calculer les chaleurs spécifiques pour *l'unité de poids* et pour *un* degré centigrade.

23. Les poids spécifiques des trois liquides sont respectivement $= n'$, n'' et n''', ou, en nombres, $= 15$; 17; et 20.

24. On a donc, pour deux liquides A et B, en appelant les chaleurs spécifiques de l'unité de poids c' et c'':

$$c' : c'' = \frac{q}{n'} : \frac{q}{n''}.$$

25. Cette expression se rapporte aux nombres de degrés τ' et τ''; les chaleurs spécifiques pour un degré sont inverses à τ' et τ'', et comme, pour celles-ci,

$$\frac{\tau'}{\tau''} = \frac{273 + s'}{273 + s''} = \frac{\frac{a'}{n'}}{\frac{a''}{n''}},$$

on a pour les chaleurs spécifiques de l'unité de poids, pour un degré:

$$\frac{c'}{c''} = \frac{\frac{q}{n'}}{\frac{q}{n''}} \times \frac{\frac{n'}{a'}}{\frac{n''}{a''}} = \frac{a''}{a'},$$

d'où $c' a' = c'' a''$.

26. Il est donc bien établi: *que les chaleurs spécifiques $a' c'$ et $a'' c''$ sont égales pour deux corps qui ont la même déviation et le même volume réduit.*

27. M. Kopp a trouvé par la voie expérimentale, que deux corps isomères, ayant des caractères chimiques distincts et des points d'ébullition différents, par exemple, l'acide butyrique et l'éther acétique, qui ont tous deux la formule chimique $C_4H_8O_2$, ont la même chaleur spécifique; il est facile de prouver cette loi par la théorie.

28. Il faut se rappeler que ces deux corps ont le même volume à leurs points d'ébullition respectifs; admettons que les points d'ébullition sont pour l'éther $= 74°$ et pour l'acide $= 156°$; alors les quantités de vapeur, mesurées en centimètres cubes, produites par un centimètre de chaque liquide, seront entre elles comme $(273 + 74)$ et $(273 + 156)$, ou comme 347 et 429; par conséquent, les quantités de chaleur q seront dans le même rapport; on aura donc, pour les températures τ' et τ'',

$$c' : c'' = q' : q'',$$

et pour un seul degré,

$$c' : c'' = \frac{q'}{\tau'} : \frac{q''}{\tau''};$$

il est facile de voir que $\frac{q'}{\tau'} = \frac{q''}{\tau''} = 1$; car on a:

$$q' : q'' = 347 : 424$$

et

$$\tau' : \tau'' = 347 : 424.$$

29. La loi du paragraphe 26 peut donc être étendue de la manière suivante:

„Les chaleurs spécifiques, $a' c'$ et $a'' c''$, sont égales pour tous les corps du même rang."

30. Il sera nécessaire ici de rappeler ce qu'on doit entendre par *le rang des corps.*

31. Le rang des corps indique le degré de simplicité des combinaisons de la chimie; les corps suivants appartiennent tous au premier rang et doivent avoir les mêmes chaleurs spécifiques:

		c	a	$c\,a$
1. Eau.	$H_2 O$	1,013 à 100° Regn.	18	18,2
2. Carbure de soufre	$C S_2$	0,243 à 48° Regn.	76	18,5
3. Brome.	Br_2	1,07 Andrews à ?.	160	17,1
4. Acide formique. .	$C H_2 O_2$	0,536 Kopp de 24° à 45°	46	24,6

On voit que, pour ces quatre corps, les résultats du calcul et ceux de l'observation coïncident à peu près.

32. En ajoutant à $H^2 O$ un atome de C et 2 atomes de H, on obtiendrait $C H_4 O$, formule de l'alcool méthylique, ou d'un isomère; ce corps aurait le deuxième rang.

33. En ajoutant pareillement $C H_2$ à l'acide formique, on obtiendrait $C_2 H_4 O_2$, formule de l'acide acétique ou d'un isomère; ce corps aurait aussi le deuxième rang.

34. En continuant de la sorte, on obtiendrait les corps du troisième rang, $C_2 H_6 O$ et $C_3 H_6 O_2$.

35. Il y a beaucoup de corps pour lesquels on ne connaît pas de combinaison avec $C H_2$ ou $(C H_2) n$; ces corps, qui comprennent en général les métaux, les oxydes, les sulfures..., appartiennent tous au premier rang; ce rang contient aussi les métalloïdes, N^2; H^2; O^2; S^2; Cl^2; Br^2; I^2; etc.

36. Il faudra encore beaucoup d'études sur le rang des corps, lequel constitue une idée scientifique nouvelle; il est quelquefois difficile d'assigner le rang auquel appartient quelque substance; pour les corps qui contiennent de l'hydrogène, le rang (m) est souvent donné par une des formules suivantes, dans lesquelles q indique le nombre des atomes d'hydrogène:

$$m = \frac{q}{2} \text{ ou } m = \frac{q+2}{2}.$$

On peut assimiler les atomes de Cl, Br et I aux atomes de l'hydrogène, de manière que q signifiera le nombre des atomes de l'hydrogène + les atomes de chlore, brome, etc.

37. Quant aux produits $a'\,c'$ et $a''\,c''$ de corps de rangs m différents, on peut commencer par admettre les formules

$$\frac{a'\,c'}{a''\,c''} = \frac{x'}{x''}$$

et

$$\frac{x'}{x''} = f\left(\frac{m'}{m''}\right).$$

38. La forme de la dernière fonction doit être facile à trouver; nous avons déjà plusieurs exemples de fonctions analogues; ainsi, pour les corps d'une série complète, on a pour les densités d de vapeur:

$$\frac{d'}{d''} = \frac{n'}{n''} \cdot \frac{x''}{x'},$$

formule dans laquelle:

$$\frac{x'}{x''} = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}}.$$

Pour les volumes spécifiques de corps de rangs différents (volumes qui sont indépendants des points d'ébullition et des déviations), on a:

$$\frac{vs'}{vs''} = \frac{a'}{a''} \cdot \frac{n''}{n'} \frac{x'}{x''}$$

formule où:

$$\frac{x'}{x''} = \frac{m'}{m''}.$$

On peut admettre d'avance que pour les chaleurs spécifiques on aura :

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a''} = \frac{m'}{m''} \text{ ou } = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}},$$

et les résultats de l'expérience devront permettre de choisir avec certitude entre ces deux formules.

39. En calculant les nombres relatifs de centimètres cubes de vapeur, que donne un centimètre de liquide à s°, pour les corps d'une série homologue complète, on trouve :

m	centimètres de vapeur.	
1.	1,	$= \frac{1}{\sqrt{1}}$
2.	0,7071	$= \frac{1}{\sqrt{2}}$
3.	0,5774	$= \frac{1}{\sqrt{3}}$
4.	0,50	$= \frac{1}{\sqrt{4}}$ etc.

Les quantités v de vapeur développées par un centimètre cube de liquide sont donc :

$$\frac{v'}{v''} = \frac{\sqrt{m''}}{\sqrt{m'}}.$$

40. En consultant les résultats des expériences pour les liquides aux points d'ébullition, lesquelles expériences sont en petit nombre, j'ai cru pouvoir admettre provisoirement comme probable la formule :

$$\frac{x'}{x''} = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}}.$$

On pourrait donc conclure :

les produits $a\,c$ sont proportionnels aux racines carrées des rangs m, c'est-à-dire,

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a''} = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}}.$$

Ce rapport est le même que celui des volumes réduits, dans les séries homologues complètes:

$$\frac{vr'}{vr''} = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}};$$

on a donc pour ces séries:

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a''} = \frac{vr'}{vr''}$$

et

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a''} = \frac{vs'}{vs''} \cdot \frac{273 + s''}{273 + s'}.$$

Les deux dernières formules sont aussi applicables aux corps de même rang, ayant des volumes réduits égaux.

41. Si l'on avait:

$$s' = s''$$

c'est-à-dire, si les points d'ébullition étaient égaux, ce qui serait possible pour des corps appartenant à des séries différentes, on aurait:

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a''} = \frac{vs'}{vs''}.$$

42. Voici quelques exemples pour faire voir le degré de concordance entre les résultats du calcul et ceux de l'observation.

Il résulte de la formule

$$\frac{c'\,a'}{c''\,a'} = \frac{\sqrt{m'}}{\sqrt{m''}},$$

cette autre formule:

$$\frac{c'\,a'}{\sqrt{m'}} = \frac{c''\,a'}{\sqrt{m''}} = \text{Constante.}$$

Série $C_n H_{(2n+2)} O$

m.		c			$c\,a$	$\frac{c\,a}{\sqrt{m}}$
1. Eau.	$H_2 O$	1,013	à	100° Regn.	18,24	18,24
2. Alc. méth. .	$C H_4 O$	0,645	à	? Kopp.	20,64	14,60
3. Alc. éth. . .	$C_2 H_6 O$					
4.	$C_3 H_8 O$	0,7641	à	78° Regn.	35,15	20,30
5. Ether	$C_4 H_{10} O$	0,5500	à	35° Regn.	40,70	18,20

Corps du même rang ($m = 3$)

		c	ac
Alcool	$C_2 H_6 O$	0,7641 à 78° R.	35,15
Iodure d'éthyle . .	$C_2 H_5 I$	0,1732 à 70 R.	27,22
Liq. des Holl . . .	$C_2 H_4 Cl_2$	0,3293 à 84 R.	32,60
Acétone.	$C_4 H_5 O$	0,5505 à 55 R.	31,93
		Moyenne. . . .	31,72

$$\frac{ac}{\sqrt{3}} = 18,31;$$

la lettre R signifie Regnault.

$m = 5$

1. Ether	$C_4 H_{10} O$	0,5500 à 35°	R. 40,70
2. Sulfure d'éthyle. . .	$C_4 H_{10} S$	0,4788 Moyenne	R. 43,10
		Moyenne. . . .	41,90

$$\frac{41,90}{\sqrt{5}} = 18,73.$$

43. De ces considérations il résulte, quant aux chaleurs spécifiques, des manières de voir dont quelques-unes diffèrent essentiellement de celles qui ont cours; ainsi il en découle, que les chaleurs spécifiques ne sont comparables qu'aux points d'ébullition ou à des températures correspondantes; et encore, que ces chaleurs sont inversement proportionnelles aux poids atomiques (ou plutôt moléculaires).

44. Depuis quelques années, on s'est écarté du chemin qui semblait indiqué d'une manière si claire par la loi de Dulong et Petit et par celle de Neumann, lesquelles admettaient toutes les deux que les chaleurs spécifiques sont (toutes choses égales d'ailleurs) inversement proportionnelles aux poids atomiques (moléculaires); il résulte des considérations précédentes que le rapport indiqué a lieu dans tous les cas.

45. Si, après avoir lu ces considérations, on consulte les données de l'expérience concernant les chaleurs spécifiques d'un grand nombre de corps solides, comprenant entre autres des métaux, des sulfures, des oxydes, des chlorures etc. métalliques, il

faut d'abord réfléchir que ces expériences n'ont pas été faites à des températures correspondantes; on peut supposer cependant, qu'à de grandes distances des points d'ébullition les chaleurs spécifiques ne varient que lentement avec la température.

Comme les métaux, leurs oxydes, sulfures, chlorures, bromures et iodures appartiennent en général au même rang (le premier), il s'ensuit que tous ces corps doivent avoir la même chaleur spécifique, $c\,a$. Or les expériences pour des températures de 0° à 100° donnent des valeurs différentes, comprises en général entre 6 et 20.

46. M. Kopp ayant observé:

1. que pour un grand nombre de métaux (et autres corps simples) le produit $a\,c$ est en moyenne environ $= 6{,}4$;

2. que pour les corps R Cl, R Br, R I le produit $a\,c$ est en moyenne $=$ le double de 6,4; et enfin

3. que pour les corps $R\,Cl_2$, $R\,Br_2$ et $R\,I_2$ le produit $a\,c$ est en moyenne environ le triple de 6,4;

conclut que $a\,c$ est proportionnel au nombre d'atomes simples.

Cette règle ne serait cependant pas applicable à des corps renfermant de l'hydrogène, de l'oxygène, du carbone, du soufre, du silicium et quelques autres corps.

47. D'après les considérations que j'ai développées, les produits $a\,c$ n'auraient aucun rapport avec les nombres des atomes des corps, et, pour tous les corps des trois catégories mentionnées, les produits $a\,c$ devraient être égaux (à des températures correspondantes).

48. Je ferai remarquer d'abord, que les rapports simples observés par M. Kopp se rapportent aux poids atomiques, tandis qu'il aurait fallu employer les poids moléculaires; ensuite, il me paraît peu utile d'établir une règle générale et d'admettre en même temps un si grand nombre d'exceptions.

49. Il me semble que l'apparence de proportionnalité, qui a lieu quand le nombre des atomes n'est que de 1, 2 ou 3, s'évanouit entièrement lorsque le nombre des atomes devient $= 4$, 5, etc.

Enfin, la mesure commune elle-même, la moyenne $= 6{,}4$, varie de 5,2 (soufre) à 6,9 (iode et molybdène).

50. En tenant compte de la nécessité de faire les expériences à des températures correspondantes, il est permis, ce me semble, de conclure des expériences relatives aux chaleurs spécifiques des corps solides, que la température ordinaire peut être regardée, en un certain sens et par approximation, comme température correspondante pour les métaux entre eux, pour les oxydes et les sulfures entre eux, et pour les chlorures, bromures, etc. entre eux; mais que les résultats ne sont pas comparables pour les métaux, d'une part, et les chlorures etc., d'autre part.

51. Nous savons d'ailleurs que le produit $c\,a$ peut varier pour certains corps du simple au double avant la fusion et après la fusion; tandis que pour d'autres corps la fusion n'a que peu d'influence sur ce produit.

52. Je rappellerai ici que les chaleurs spécifiques de l'eau et du brome sont comparables dans l'état liquide; tandis qu'elles ne le sont pas pour ces corps à l'état solide.

53. En résumé, on ne saurait dorénavant négliger tout-à-fait l'indication de faire des expériences à des températures comparables.

APPENDICE.

54. Ceux qui s'intéressent à l'étude des propriétés physiques des corps, s'accordent généralement en ceci, que toutes ces propriétés (points d'ébullition, volumes spécifiques et chaleurs spécifiques) doivent être expliquées d'une manière analogue.

55. Ce que j'ai dit (paragraphe 44) des lois de Dulong et Petit et de Neumann, pourrait être répété quant aux lois de Mariotte, d'Avogadro et de Gay-Lussac; toutes ces lois sont simples et générales, et indiquent les rapports qui existent entre les propriétés (points d'ébullition et volumes spécifiques) et la composition atomique.

56. Les points d'ébullition (augmentés de 273) représentent les volumes spécifiques des vapeurs; les deux espèces de volumes, ceux des vapeurs sous la même pression et ceux des liquides

sous la même tension, sont d'abord proportionnels aux poids atomiques; c'est la signification de la formule connue:

$$vs = \frac{a}{D}.$$

En adoptant cette hypothèse *sans réserve*, on aurait trouvé pour ainsi dire la moitié de la loi cherchée; resterait à trouver la signification de D; quant à moi, il m'a semblé extrêmement probable que D signifiait le nombre d'atomes; ce qui s'est trouvé d'accord avec la vérité.

57. M. de Tchermack était arrivé, de son côté, à la même conclusion; mais il regardait comme températures comparables les points de fusion, au lieu des points d'ébullition.

58. Ainsi, les points d'ébullition et les volumes spécifiques sont proportionnels aux poids atomiques et inversement proportionnels aux nombres d'atomes; avec cette donnée, on peut composer des groupes étendus de corps dont les propriétés s'accordent entre eux parfaitement.

Enfin, pour lier entre eux les groupes différents, il y a encore de certaines constantes, que j'ai réussi à trouver.

L'époque à laquelle nous vivons exige souvent, et principalement dans les sciences de la physique et de la chimie, qu'on exprime, en aussi peu de mots que possible, des idées dont le développement aurait occupé autrefois plusieurs pages; en me conformant donc à cette nécessité, je dirai que la manière dont M. Kopp, partageant les idées de MM. Schröder et Woestijn, a traité les questions concernant les propriétés physiques des corps, points d'ébullition et volumes et chaleurs spécifiques, me rappelle la philosophie qui inventait les cycles et les épicycles, pour expliquer les phénomènes astronomiques; tandis que la philosophie qui a inspiré le système de Copernic et les lois de Kepler et de Newton, me semble représentée, en physique, par Mariotte, Gay-Lussac, Avogadro, Dulong et Petit, et Neumann.

ROTTERDAM, 16 Décembre 1869.

SUR UNE MÉTHODE SIMPLE

POUR LA COMPARAISON EXACTE DES MESURES DE LONGUEUR,

PAR

F. J. STAMKART,
Vérificateur des Poids et Mesures à Amsterdam.

(*Algemeene Konst- en Letterbode*, août 1839.) [1])

Pour la comparaison ou la vérification des mesures de longueur, il existe différents instruments, connus sous le nom de *comparateurs*. Ceux dont les bureaux de vérification des poids et mesures sont pourvus de la part de l'Etat, appartiennent au modèle le moins composé, et ne donnent la différence des mesures de longueur que jusque dans les dixièmes de millimètre; d'autres, construits avec plus de soin, et surtout ceux qui sortent des mains d'artistes habiles, peuvent indiquer les différences de longueur avec

[1]) Mr. le Dr. F. J. Stamkart, actuellement professeur à l'école polytechnique de Delft en Hollande, a inventé, il y a plus de trente ans, un appareil très-simple pour la comparaison mutuelle exacte d'étalons linéaires. Une description détaillée de son *comparateur à miroir*, avec des recherches qui en démontrent la valeur, fut publiée par M. Stamkart en 1839, et en 1851 il donna la description d'une multitude d'applications, qu'il avait faites de son appareil depuis cette première époque. Ces deux petits traités, écrits dans la langue hollandaise et publiés dans des journaux hollandais, comme la plupart des autres travaux de ce savant distingué, sont restés tout à fait inconnus à l'étranger et aussi au célèbre physicien de Munich, M. le Conseiller de Steinheil, qui, plusieurs années après M. Stamkart, conçut presque la même idée. Lorsque, dans la séance de la commission permanente de la conférence géodésique internationale, tenue à Florence le 27 Septembre 1869, M. Bauernfeind décrivit et loua le comparateur à miroirs de M. de Steinheil, je me crus obligé de réclamer la priorité de l'invention pour M. Stamkart, sans vouloir contester à aucun égard les mérites éminents de M. de Steinheil, dont j'admire le génie et respecte le noble caractère.

une précision considérablement plus grande. Le moyen, propre à conduire au même but, que je désire faire connaître ici, est une nouvelle application de l'invention aussi simple qu'heureuse de l'illustre Gauss, à l'aide de laquelle on peut observer aujourd'hui, avec une exactitude inconnue jadis, les variations qui se manifestent dans la déviation de l'aiguille magnétique. Comme on le sait, cette invention consiste à fixer à l'extrémité du barreau aimanté un petit miroir, dans lequel, par la réflexion des rayons lumineux, on peut lire les divisions d'une échelle placée à une certaine distance, auprés de l'observateur. Le plus petit changement de direction qu'éprouvent le barreau aimanté et, par conséquent, le miroir, se trouve, de cette manière, amplifié un grand nombre de fois et rendu visible; un simple calcul trigonométrique fait ensuite connaître la valeur angulaire de ce changement en secondes. Il est clair que, dans cette manière d'opérer, la perpendiculaire au plan du miroir, laquelle occupe toujours le milieu entre les rayons incidents et les rayons réfléchis, peut être regardée comme un prolongement du barreau aimanté; de plus, lorsqu'un point, ou plutôt une droite située dans le plan du miroir conserve une position invariable, ou que le miroir, comme dans les sextants, tourne autour d'un axe fixe, cette même perpendiculaire peut être considérée comme le long bras d'un levier coudé, dont le miroir lui-même constituerait le bras court. C'est cette idée qui m'a conduit, au mois de septembre de l'année précédente (1838) à construire le comparateur suivant.

A B (Voyez Pl. I, fig. 1) est une forte pièce de bois, pour laquelle on a utilisé, dans le cas présent, le corps d'un des

---

Maintenant qu'il s'agit de fixer le prototype du mètre et de le multiplier par des copies exactes, je crois qu'il pourrait être utile de connaître l'appareil de M. Stamkart, non-seulement à cause de la priorité de son invention, mais surtout à cause de sa simplicité extrême et des applications nombreuses imaginées par son auteur. C'est à ma prière que la Rédaction des *Archives Néerlandaises* a bien voulu reproduire les deux mémoires de M. Stamkart, après les avoir fait traduire en français, et j'espère que cette reproduction sera accueillie avec intérêt par les personnes qui s'occupent de cette question.

LEYDE, le 12 Janvier 1870. F. KAISER.

deux comparateurs qui se trouvent au Bureau de vérification d'Amsterdam, mais pour laquelle on peut prendre tout autre bois bien sec, d'une épaisseur convenable. Sur ce madrier A B, est fixé solidement un morceau de bois en forme de parallélépipède *c d*, d'une hauteur d'environ 15 à 20 millimètres, et sur le plan *c* de ce parallélépipède est attaché, avec de la poix ordinaire, un morceau de verre à glace, dans une position aussi exactement que possible perpendiculaire à la direction de A B. La surface de ce fragment de verre est recouverte de papier appliqué à la colle, mais dans lequel on a découpé une petite ouverture, d'un millimètre carré au plus, destinée à servir de point d'appui.

Un autre morceau de bois dur *e f k i*, qui est entièrement libre et peut être placé sur le madrier A B ou enlevé à volonté, porte deux petites chevilles en acier *f c* et *e a*, de longueur égale et fixées à la même hauteur au-dessus de A B. Les extrémités *c* et *a* de ces chevilles sont façonnées en pointe légèrement arrondie, dont le rayon de courbure peut être évalué approximativement à $\frac{1}{3}$ de millimètre. Le petit bloc *e f i k* repose lui-même sur une lame de verre plane, *fixée* sur A B; et, afin que cette pièce mobile conserve toujours exactement la même position par rapport à la face supérieure du madrier A B, on a enfoncé dans sa face inférieure *trois* petits clous en cuivre; de manière que, reposant sur les têtes arrondies de ces clous, la pièce ne s'appuie que par trois points sur la plaque de verre fixe. Enfin, le petit bloc mobile porte encore un miroir *vertical g h*, qui, de même que le miroir fixe d'un sextant, n'est étamé que sur sa moitié inférieure. C'est ce miroir *g h* qui doit jouer un rôle analogue à celui du miroir des appareils magnétiques.

Un second point d'appui fixe est fourni par la pièce *m l*, qui est également pourvue d'une cheville en acier *l b*, fixée dans une position telle que la ligne qui joint les points *a* et *b* soit parallèle à A B, au moins à très peu près. L'extrémité *b* de cette cheville n'est pas arrondie, comme les pointes *a* et *c*; elle est au contraire taillée suivant une surface plane, d'une étendue d'environ un millimètre carré, afin que les mesures de longueur

puissent être pressées contre elle sans crainte de détérioration. Pour la pièce d'appui *m l* on a pris le talon mobile du comparateur, lequel, au moyen d'une vis de serrage, peut être fixé sur le madrier à une distance quelconque de A.

Perpendiculairement à la direction A B, et à quelques mètres de distance du miroir, se trouve placée l'échelle C D, divisée en centimètres, et sur laquelle peut glisser le curseur *p q r*. La partie supérieure *r s* de ce curseur est taillée en biseau, à la manière des verniers ordinaires, et le bord *s* est divisé en millimètres, ce qui équivaut à une division en millimètres de l'échelle C D elle-même, dans toute son étendue. *p q* est une petite planchette attachée verticalement au curseur, et recouverte d'un papier blanc, sur lequel est tracée, vers le milieu P, une ligne noire verticale. Une ligne verticale analogue, mais ayant une largeur environ moitié moindre, est tracée en Q sur le mur opposé de la chambre. Enfin, exactement en face de ce dernier point, en E, on a disposé une petite lunette.

Le madrier A B, l'échelle C D et la lunette doivent garder une position invariable l'un par rapport à l'autre, ainsi que par rapport à la ligne tracée sur le mur.

Pour comparer maintenant au moyen de cet appareil deux mesures de longueur, deux mètres par exemple, on prend l'une d'elles, que je nommerai la première, et on l'applique sur le madrier A B, dans la position *a b*, en *pressant* l'un des bouts contre la cheville *l b*; ensuite on place la pièce mobile *e f k i*, de telle sorte, que la pointe *c* de la cheville *f c* touche le point d'appui fixe *c*, et que l'extrémité *a* de l'autre cheville *e a* soit en contact avec le bout *a* de la mesure de longueur *a b*. A l'aide de la lunette, et à travers la partie supérieure, non étamée, du miroir *g h*, on vise alors la ligne verticale tracée sur le mur en Q, et on fait glisser le curseur *p q r*, jusqu'à ce que l'image réfléchie de la ligne verticale P soit vue, dans le miroir *g h*, *exactement* dans le prolongement de la trace Q, après quoi on note la position que le curseur occupe sur l'échelle C D. Pour plus de sécurité, il est bon de déranger

le curseur de sa position, d'amener de nouveau les lignes P et Q en coïncidence, et de faire une nouvelle lecture; en tout, il est bon de répéter cette opération un nombre pair de fois, par exemple quatre fois, en faisant glisser le curseur deux fois de droite à gauche et deux fois de gauche à droite, jusqu'à ce que les lignes se montrent dans le prolongement l'une de l'autre. Ordinairement on trouvera une légère différence, ce qui tient à ce que la vision se fait d'une manière plus ou moins distincte, à ce que le miroir *g h* offre plus ou moins de netteté, et peut-être à d'autres circonstances encore; la moyenne des quatre lectures approchera toutefois beaucoup de la vérité. — Cela fait, on enlève avec précaution la mesure de longueur *a b*, et on la remplace par celle qu'il s'agit de lui comparer; puis, on effectue sur celle-ci exactement la même série d'opérations qui vient d'être décrite. Il est clair que, s'il existe une petite différence de longueur entre les deux mesures, cette différence s'accusera, amplifiée un grand nombre de fois, par les positions différentes du curseur *p q r* sur l'échelle C D. L'amplification en question est au moins le double du nombre de fois que la distance des points *a* et *c* est comprise dans la distance de l'échelle C D au miroir *g h*. Cette valeur double est atteinte exactement lorsque le curseur est venu se placer près de la lunette; quand le curseur est plus rapproché des extrémités C ou D, l'amplification est encore un peu plus considérable, comme il est facile de le reconnaître par un calcul trigonométrique.

Après que la mesure de la seconde règle est terminée, il est nécessaire de mesurer encore une fois la première, tant pour constater qu'il n'est survenu aucun changement dans l'appareil, que pour s'assurer qu'aucune erreur n'a été commise la première fois; il faudra ensuite reprendre de même la mesure de la seconde règle, et effectuer par conséquent, en tout, quatre mesures distinctes. Des répétitions fréquentes, se succédant sans intervalles, auraient peut-être peu d'utilité, vu qu'il pourrait arriver, au moins si les règles sont en métal, qu'une petite différence de température s'établît entre elles par le fait même des manipulations.

Lorsque, dans l'appareil qui vient d'être décrit, le curseur se trouve au-dessus de la lunette, et le miroir *g h* perpendiculaire à la direction de A B, la distance de P au point milieu entre les faces antérieure et postérieure de la glace s'élève à 6,765 mètres; la distance entre les points *a* et *c* a été mesurée aussi exactement que possible par un de mes collègues et moi, et a été trouvée sensiblement égale à 19,63 millimètres. D'après cela, l'amplification la plus faible est $= 2 \times \frac{676500}{1963} = 689{,}2$ fois, ce qui revient à dire que chaque millimètre de déplacement du curseur correspond à une différence de longueur de $\frac{1}{689{,}2} = 0{,}0014509$ millimètre. Quand le curseur se trouve à une certaine distance de E, ce nombre, ainsi qu'il a été dit, devient un peu plus petit, savoir:

à une distance de	2	décimètres	0,0014495	millim.
„ „ „ „	4	„	0,0014452	„
„ „ „ „	6	„	0,0014382	„
etc.				

A la rigueur, comme le point d'appui *c* est éloigné de 18 millimètres de la ligne A B, ces nombres doivent varier légèrement, suivant que le curseur est placé à droite ou à gauche de E; mais la différence est tout à fait négligeable, et il en est de même de l'influence qu'exerce sur ces nombres la distance de *a* ou *c* au miroir, distance qui est de 28 millimètres.

La perpendicularité du miroir au plan du madrier A B et de l'échelle peut être obtenue facilement, avec une exactitude suffisante, par un procédé à peu près semblable à celui qu'on emploie ordinairement pour rendre le grand miroir d'un sextant perpendiculaire au plan de cet instrument. Dans le cas présent, on commence par s'assurer, au moyen d'un niveau ou de toute autre manière, que la face supérieure du verre, sur lequel doit reposer la pièce mobile *e f i k*, est sensiblement parallèle au plan A B C D. Nous supposons que la lunette soit placée un peu plus

bas que le milieu du miroir *g h*, par exemple de deux centimètres environ, et que sur la planchette *p q*, en un point situé, de la même quantité, plus haut que le milieu en question, on ait fait une marque visible. On tourne maintenant *e f i k* de telle sorte, que le miroir *g h* devienne à peu près perpendiculaire à la ligne A B, puis, regardant par la lunette en O, on fait glisser *p q r* jusqu'à ce que la planchette se voie dans le miroir. Si cela n'arrive pas, quelle que soit la position donnée au curseur, c'est un signe que le miroir penche plus ou moins en avant ou en arrière, et il faut alors le redresser un peu sur son petit bloc, en sens opposé, jusqu'à ce que l'image de la marque faite sur la planchette *p q* se montre à peu près au milieu du miroir. Lorsque, après quelques tâtonnements, on y est parvenu, on dérange légèrement la pièce *e f i k*, de façon que le miroir *g h* cesse d'être perpendiculaire à A B, et ensuite on déplace le curseur de la quantité nécessaire pour que, en observant par la lunette, on aperçoive de nouveau dans le miroir la planchette *p q*. Si alors la marque se voit à la même hauteur que précédemment (à la rigueur un peu plus bas, mais la différence est insensible), et s'il en est encore ainsi dans toutes les autres positions corrélatives du miroir et du curseur, le miroir *g h* est perpendiculaire au plan sur lequel glisse *e f i k*, et, en outre, ce plan est parallèle au plan A B C D. Une légère déviation, sous l'un ou l'autre rapport, est d'ailleurs incapable d'exercer, d'une manière appréciable, quelque influence nuisible, et cela d'autant plus que les longueurs à comparer diffèrent moins entre elles.

Pour qu'on puisse juger du degré d'exactitude que permet d'atteindre ce comparateur, dans la construction réalisée, je rapporterai ici le résultat de la comparaison entre deux mètres en fer, numerotés 88 et 90, qui appartiennent au Bureau de Vérification d'Amsterdam, et dont le premier est le mètre étalon.

Le 25 mai dernier, le thermomètre Fahrenheit marquant $50°\frac{1}{3}$, le mètre N°. 90 fut placé sur le comparateur; son côté étroit, celui qui portait le numéro, était tourné *en dessous*, et, dans

cette position, le contact des chevilles se faisait un peu *au-dessous* du *centre* des extrémités de la verge. On trouva que la coïncidence des deux traces P et Q avait lieu lorsque le curseur était placé entre E et D, à une distance de E = . . + 403,7 millim.

N°. 88, placé de la même manière, donna + 415,7 „
N°. 90, une seconde fois. . . . . + 404,0 „
N°. 88, „ „ „ . . . . . + 415,0 „

La distance était donc, en moyenne, pour le N°. 88, = + 415,35, et pour le N°. 90, = + 403,85 millimètres; la différence est de 11,5 millimètres, quantité qui, multipliée par le facteur 0,001445, donne pour l'excès de longueur de N°. 88 sur N°. 90, 0,01662 millimètre.

Le talon mobile *m l* ayant été successivement déplacé de petites quantités, on trouva encore:

28 mai, température 61°, N°. 88 — N°. 90, sur l'échelle
+ 34,50 — 23,55 = 10,95 mill. facteur 0,0014509. . . 0,01589 mill.
30 mai, température 67°, N°. 88 — N°. 90, sur l'échelle
— 160,50 + 171,00 = 10,50 mill. facteur 0,0014496. . . 0,01522 mill.
2 juin, température 64°, N°. 88 — N°. 90, sur l'échelle
— 181,29 + 193,05 = 11,76 mill. facteur 0,0014496. . . 0,01704 mill.
Différence moyenne des deux mètres 0,01619 mill.

Le 1er octobre de l'année précédente, alors que le même comparateur avait encore une disposition un peu différente, l'échelle C D se trouvant, entre autres, plus rapprochée, nous avions obtenu pour la différence des deux mêmes mètres, mais mesurés précisément au centre des extrémités, la valeur 0,0154 millimètre.

Il résulte de ce qui précède, que les mesures séparées se sont écartées de la moyenne de toutes les opérations, d'une quantité qui approche bien de $\frac{1}{1000}$ de millimètre, mais qui toutefois n'atteint pas cette valeur. Or, si l'on prend en considération que le miroir n'était formé que d'un morceau de verre à glace ordinaire, de sorte que l'image réfléchie de la trace P ne se voyait pas avec une entière netteté et paraissait avancer par petits bonds

lorsqu'on faisait mouvoir le curseur, ce qui pourrait être évité en employant un verre mieux taillé; et si l'on réfléchit, en outre, qu'une différence de longueur, en plus ou en moins, de $\frac{1}{1000}$ de millimètre peut déjà résulter d'une inégalité de température de $\frac{1}{6}$ de degré Fahrenheit entre les deux mètres, on reconnaîtra que les résultats communiqués ci-dessus doivent être jugés satisfaisants, ou, du moins, que l'équivalent n'a jamais été obtenu jusqu'ici avec un comparateur d'une construction aussi simple et aussi peu coûteuse.

Il va sans dire que lorsqu'il s'agira de comparer des mesures *à traits*, entre elles ou avec des mesures *à bouts*, l'appareil devra subir quelques modifications, de même que dans d'autres circonstances spéciales. Mon but était seulement de faire voir que le principe de la réflexion, qui, dans son application à l'aiguille aimantée, a déjà conduit à de si belles découvertes, peut aussi servir avec avantage à la détermination de très petites différences de longueur.

SUR LA

DÉTERMINATION DE PETITES DIFFÉRENCES DE LONGUEUR, LA MESURE DE FAIBLES ÉPAISSEURS DANS LES PETITS OBJETS,

ET L'OBSERVATION

DE FAIBLES DÉPLACEMENTS DANS LES GRANDS OBJETS;

PAR

F. J. STAMKART.

(*Tijdschrift voor de Wis- en Natuurkundige Wetenschappen, uitg. door de Eerste klasse van het Kon. Ned. Inst.* 1851, T. IV, p. 21.)

La détermination d'une petite différence de longueur est un problème qui se présente continuellement dans les applications de la géométrie; et cela est tout naturel, car l'exactitude de la mesure, soit des lignes, soit des arcs ou des angles, dépend, pour une grande partie, de la précision avec laquelle peut être trouvée une faible différence de longueur. Aussi voit-on l'exactitude des mesures suivre, pour ainsi dire, pas à pas l'art de déterminer, entre des limites de plus en plus étroites, ces minimes différences. Les moyens dont on s'est servi pour mesurer les lignes avec précision sont essentiellement au nombre de trois: d'abord, les *transversales*, qui figurent encore aujourd'hui sur les échelles de nos étuis de mathématiques; en second lieu, les *verniers*, et en dernier lieu, les *vis micrométriques*. Ces dernières, construites par des artistes habiles, et combinées avec des microscopes de lecture, donnent actuellement une précision de mesure, qui ne semble plus laisser grand'chose à désirer. Les verniers viennent après les vis micrométriques sous le rapport de

l'exactitude qu'ils permettent d'atteindre, mais ils sont d'un usage plus étendu, à cause de la facilité des lectures. Ils demandent également d'être construits avec soin. Les transversales ont disparu depuis longtemps de nos instruments de précision.

Un quatrième procédé pour mesurer de petites différences de longueur est celui que je crois avoir trouvé le premier, il y a plus de dix ans, et que j'ai fait connaître dans le *Konst en Letterbode*, 1839, N°. 36. Ce procédé est fondé sur une application, modifiée conformément à la différence de but, du principe de réflexion, dont Gauss s'est servi avec tant de succès pour la mesure des déviations de l'aiguille aimantée. La précision que ma méthode comporte est, j'en ai la confiance, au moins égale à celle que donnent les vis micrométriques, à condition que les différences à mesurer soient très petites. De plus, l'appareil ne dépend pas, au même degré, de l'habileté de la construction, ce qui le rend moins coûteux. Dans les années qui se sont écoulées depuis ma première Note, j'ai eu fréquemment l'occasion de faire usage de cette méthode pour la comparaison de mesures de longueur, d'y apporter, suivant l'occurrence, de légères modifications, et aussi de l'appliquer à des fils suspendus verticalement ou fils à plomb; de sorte que je crois avoir des motifs suffisants pour revenir aujourd'hui sur ce sujet. J'aurais toutefois tardé encore à faire cette communication, si les *Astronomische Nachrichten*, N°. 684, n'avaient publié la description d'un nouveau cercle méridien, de l'invention de M. Steinheil, description d'où il résulte que M. Steinheil a également conçu l'idée de déterminer les petites différences de longueur au moyen d'un miroir. M. Steinheil donne à ce miroir le nom très convenable de *Fühlspiegel* (miroir palpeur) et dit qu'il a aussi appliqué le principe à la comparaison des mesures *à bouts*, sur laquelle il promet une communication ultérieure. Cette communication toutefois, si elle a paru, n'est pas encore venue à ma connaissance. La Classe voudra donc bien me permettre de lui exposer brièvement, à ce sujet, quelques idées qui me sont propres.

On sait comment, dans les octants et les sextants, l'angle

compris entre deux objets se mesure par le double de l'angle que font entre eux les deux miroirs. L'un de ceux-ci, celui qu'on appelle le petit miroir, est fixé sur l'instrument, tandis que l'autre tourne autour d'un axe. Chaque point de ce dernier miroir, le grand, décrit dans ce mouvement un arc d'un même nombre de degrés, mais qui, sous le rapport de l'étendue, est plus long ou plus court suivant la distance du point à l'axe de rotation. Toutefois, comme le miroir lui-même est petit, les longueurs des arcs parcourus par ses différents points restent aussi toujours petites, et il en est de même de leurs sinus. Si l'on suppose maintenant que l'angle, mesuré par l'octant ou le sextant, soit connu de quelque autre manière, il est facile de calculer aussi la longueur de l'arc qui a été décrit par un point quelconque du miroir, situé à une distance connue de l'axe. Dans les magnétomètres, le miroir est fixé sur le barreau aimanté; on connaît la distance du miroir à l'échelle, et les divisions de cette échelle se lisent dans le miroir. Par là, se trouve déterminé l'angle que le miroir décrit autour de l'axe, ainsi que les arcs que décrivent autour de ce même axe les divers points du miroir. Faire servir les sinus de ces arcs comme mesures des petites différences de longueur, tel est, en peu de mots, le principe de la méthode que j'ai appliquée à l'évaluation de ces différences.

Le procédé donné en 1839, dans le *Konst- en Letterbode*, pour comparer deux mètres, ou, en général, deux mesures de longueur différant peu entre elles, se réduit à ceci: Soit E (Pl. I fig. 2) un point d'appui fixe; E B une mesure *à bouts*, en contact avec ce point fixe; A un petit plan d'environ 1 millimètre carré, perpendiculaire à la direction E B, et servant également de point d'appui; F G H I un parallélepipède de bois, qui repose, par trois points d'appui arrondis (non figurés) sur un plan horizontal, à la surface duquel il peut se déplacer. En avant, cette pièce est garnie de deux pointes d'acier ou de cuivre F A et G B, et en dessus elle porte un petit miroir vertical C D.

Pour comparer une mesure de longueur E B avec une autre mesure de longueur E B′, on les applique, l'une après l'autre,

contre le point d'appui E, et on fait glisser la pièce G F H I de manière que les pointes F A et G B viennent toucher respectivement le petit plan A et l'extrémité B ou B′ de la mesure de longueur. Il est clair que, si les deux mesures ont une longueur égale, le miroir C D prendra dans les deux cas une même direction; mais que, à la moindre différence B B′ des mesures de longueur, les deux positions du miroir feront un angle entre elles. Si maintenant, comme dans les magnétomètres, ces positions du miroir ont été observées chaque fois sur une échelle, on pourra calculer l'angle qu'elles comprennent entre elles. Soit cet angle $B A B' = \alpha$, et la distance des pointes A B et $A B' = r$, on aura pour la différence des mesures de longueur $B B' = r \sin \alpha$.

On peut se faire une idée plus ou moins exacte de la précision que comporte cet appareil si simple, à l'aide des mesures rapportées dans le numéro cité du *Konst- en Letterbode*. D'après ces données, on a trouvé pour la différence entre deux mètres étalons:

le 25 mai 1839	. . . . .	0,01662 mm.
„ 28 „ „	. . . . .	0,01589 „
„ 30 „ „	. . . . .	0,01522 „
„ 2 juin „	. . . . .	0,01704 „
	Moyenne. . .	0,01619 mm., Erreur prob. = ± 0,00027 mm.

Un second procédé de comparaison de deux mesures de longueur est représenté dans la figure 3. Ici, A et B sont deux points d'appui fixes, contre lesquels on applique alternativement les mesures A B et C D; F E indique la position du miroir quand A C s'appuie contre A et B D contre B; E′ F′ est la position du miroir lorsque les mesures ont été substituées l'une à l'autre, c'est-à-dire, lorsque A C occupe la position B C′, et B D la position A D′. Il est évident que l'angle formé par les deux directions E F et E F′ du miroir doit maintenant être le double de celui qu'on obtenait dans la première méthode de comparaison, représentée par la figure 2. Par conséquent, si r exprime de nouveau la distance des pointes A et B de la pièce

de bois, fig. 2, et α l'angle entre les deux directions E F et E′ F′, fig. 3, on aura dans le cas actuel:

$$\text{Différence des mesures de longueur} = r \times \sin \frac{1}{2} \alpha.$$

Cette méthode paraît mériter la préférence sur celle qui a été décrite en premier lieu, mais je n'en ai pas encore fait l'essai. Chacune de ces deux méthodes de comparaison exige le remplacement des mesures, ce qui doit naturellement se faire en évitant le contact immédiat avec les doigts, afin de ne pas donner lieu à une dilatation inégale par la chaleur. Le moyen le plus simple consiste à saisir les règles avec un linge. Il est facile aussi d'immerger tout l'appareil, savoir, les règles, les points d'appui fixes et la pièce qui porte le miroir, dans un liquide, par exemple dans l'eau; le miroir seul doit alors rester en dehors du liquide. Pour assurer la permanence du contact, tant contre les points d'appui fixes qu'entre les pointes de la pièce mobile et les extrémités des règles, on peut, si l'on veut, faire usage de ressorts à pression légère; toutefois, les résultats communiqués ci-dessus, et obtenus sans l'emploi de ressorts, paraissent indiquer que, même en l'absence de cette précaution, les contacts peuvent être maintenus d'une manière satisfaisante.

La figure 4 représente un mode de comparaison dans lequel les mesures de longueur restent invariablement en place, sans qu'il y ait à y toucher, tandis que le miroir est appliqué successivement, par les pointes saillantes de la pièce qui le porte, contre les extrémités A et C et contre les extrémités B et D. Dans cette manière d'opérer, les points d'appui fixes des deux figures précédentes disparaissent complétement. Il est évident que, si les mesures de longueur A B et C D sont égales entre elles, les droites qu'on peut mener de A en C et de B en D seront parallèles, mais que ces droites devront former un certain angle, pour peu que les deux mesures diffèrent.

Soit maintenant N M une ligne droite, parallèle à la direction des deux règles, et plaçons, aussi bien du côté de N que du côté de M, une lunette et une échelle divisée: la première lunette tournée vers

M et la seconde vers N, de manière qu'elles se regardent réciproquement. On commence par déterminer, dans la lunette placée en N, l'angle de la ligne N M avec la perpendiculaire au plan réfléchissant F E. Ensuite, on enlève la pièce F E H G, on l'applique contre les extrémités B et D, dans la position F′ E′ H′ G′, et on détermine, par observation dans la lunette en M, l'angle que fait avec la même droite N M la perpendiculaire au plan E′ F′. Si les deux angles ainsi obtenus sont égaux, et si, dans les deux cas, les perpendiculaires s'écartent de la direction N M vers *le même* côté de l'observateur, il est clair que les plans F E et F′ E′ sont parallèles et que les mesures de longueur A B et C D sont égales. Mais, supposons que le premier angle soit $= \alpha$, le second $= \alpha'$, et la distance A C = B D des pointes saillantes fixées à la pièce mobile, comme précédemment, $= r$; on a alors:

$$\textit{Différence des mesures de longueur} = r\,(\sin.\,\alpha' - \sin\,\alpha).$$

Une condition nécessaire, dans cette manière d'opérer, est que les directions, suivant lesquelles on vise de N vers M et vice-versâ de M vers N, soient directement opposées. A cet effet, on pourra disposer dans le prolongement de N M, aux deux extrémités, des signes méridiens, tels que des fils verticaux noircis, se projetant sur un fond blanc. Les distances de ces signes aux lunettes devront être égales aux chemins que les rayons lumineux ont à parcourir des échelles divisées aux lunettes. Si alors on tend un mince fil métallique de N en M, entre ces signes méridiens, les centres des objectifs des deux lunettes devront tomber verticalement au-dessous de ce fil tendu, ce qui peut s'obtenir avec une précision suffisante.

La circonstance qu'on n'a plus à toucher aux mesures à comparer, une fois qu'elles sont en place, fait que la méthode décrite en dernier lieu convient particulièrement quand il s'agit de confronter de longues règles, de celles, par exemple, qui ont 5 mètres de longueur. De pareilles règles, pour offrir la solidité nécessaire, ont besoin aussi d'avoir une plus grande épaisseur et, par conséquent, un plus grand poids, ce qui rend la substitu-

tion de l'une à l'autre, telle que l'exigent les deux premières méthodes, peu commode, et surtout gênante lorsqu'on veut répéter la comparaison un certain nombre de fois. Pour mettre de la diversité dans les mesures suivant la figure 4, on peut faire glisser un peu dans la direction N M l'une des règles, ce qui donne nécessairement une autre valeur à chacun des angles α et α', sans apporter aucun changement à la différence $\sin \alpha - \sin \alpha'$. Même alors toutefois, après qu'on a fait un nombre suffisant de comparaisons dans la position indiquée par la figure, il est bon d'échanger les règles une fois, de mettre A B à la place de C D et vice-versâ, puis de répéter les comparaisons. Par là, on élimine aussi les légères erreurs qui pourraient provenir de ce que les lunettes ne se dirigeraient pas avec une exactitude absolue suivant une même ligne N M, ou de ce que le plan du miroir F E ne serait pas parfaitement ou suffisamment parallèle à la ligne A C, qui joint les points A et C, parallélisme que nous avons supposé exister, au moins d'une manière approchée. En général, la substitution réciproque des règles (quand on prend ensuite le résultat moyen), fait disparaître toutes ces petites erreurs qui tendraient à leur attribuer une inégalité purement *apparente*.

Au mois de juillet 1843, j'ai comparé par ce procédé, pour notre savant collègue M. F. Kaiser, deux règles en fer de cinq mètres, tant entre elles qu'avec une longueur composée de 5 mètres placés bout à bout. Ces règles, construites par M. E. Wenckebach, d'Amsterdam, se trouvent maintenant à l'observatoire de Leyde.

Jusqu'ici il n'a été question que de la comparaison de deux mesures, toutes deux *à bouts*; pour la comparaison d'une mesure *à bouts* avec une autre *à traits*, le principe de la réflexion s'applique avec le même succès, seulement avec le secours additionnel d'un microscope fixe, pourvu de fils au foyer. Voici, par exemple, comment on pourra procéder. Soient, figure 5, A B une mesure *à bouts*, E F une autre *à traits*, C et D les traits qui sur cette dernière indiquent les extrémités de la mesure, et G H le microscope. On placera les deux règles A B et F E bout

à bout, et de façon que le trait limite D se voie exactement sous l'un des fils du microscope. Cela peut se faire aisément, en appuyant les deux mesures en F contre l'extrémité d'une vis de rappel, de telle sorte que le trait D tombe originellement un peu à gauche du microscope. Il suffit alors de tourner la vis, pour que les deux mesures avancent simultanément et que le trait D arrive sous le microscope. Cela obtenu, on étudie à l'aide du miroir, de la manière indiquée en premier lieu, fig. 2, la position de l'extrémité B. Ensuite, on enlève la mesure A B, et on déplace la mesure E F, de façon que le trait limite C vienne sous le microscope; au cas où les mesures sont parfaitement égales, l'extrémité E doit alors tomber exactement en B. On détermine de nouveau à l'aide du miroir la position de E, et de la différence entre les deux indications du miroir se déduira la différence des deux mesures de longueur. Il va sans dire qu'il faudra recommencer ensuite la première opération de mesure.

La comparaison de deux mesures *à traits* peut être effectuée de la manière suivante: G H et E F, fig. 6, représenteront les règles, A et B, C et D les traits qui marquent les extrémités des mesures. On dispose de nouveau les règles bout à bout, puis on dirige un microscope sur le trait limite D, un autre sur le trait limite B: ces deux microscopes doivent être fixés dans cette position d'une manière invariable. On déplace ensuite les deux règles de façon à amener le trait limite C sous le premier microscope en C′; en cas d'égalité absolue, le trait limite A tombera alors sous le second microscope S'il n'en est pas ainsi, si A tombe en A′, un peu à gauche, on ajuste le petit miroir contre une des extrémités F′ ou H′, C′ restant sous le premier microscope, et on note la position du miroir. Ensuite, on amène A′ exactement sous le second microscope en A″, et on étudie de nouveau, à l'aide du miroir, la position de F′ ou de H′: la différence entre les deux indications fera connaître la différence des mesures. Au lieu d'opérer comme il vient d'être dit, il sera peut-être plus simple de diriger les microscopes sur les deux traits limites, par exemple C et D, d'une des mesures, puis

d'enlever cette mesure et de mettre l'autre à sa place. Si l'on éprouvait quelque difficulté à pointer simultanément, avec une exactitude suffisante, chacun des deux microscopes sur un des traits limites, on pourrait déterminer au moyen du miroir la différence restante, et c'est peut-être là le procédé le plus convenable de tous. On ne glisse alors qu'un des traits limites sous le microscope, et on prend l'indication du miroir; puis on amène l'autre trait limite sous le second microscope, et on consulte de nouveau le miroir. Il est clair qu'on peut aussi, de cette manière, étudier l'égalité des divisions d'une règle graduée.

Ce qui vient d'être dit suffit pour montrer comment on parviendra, dans chaque cas, à déterminer de petites différences de longueur par l'application du principe de réflexion. Je veux maintenant exposer encore une méthode propre à faire connaître, en général, la différence entre deux mesures de longueur, et cela sans emploi obligé de règles exactement graduées ou de longues vis micrométriques, mais uniquement à l'aide du miroir et de quelques petites règles, qui, à leur tour, peuvent être étudiées, chacune à part, et une fois pour toutes, au moyen du miroir.

Le miroir ne se prête naturellement qu'à la détermination de petites différences de longueur, que nous admettrons devoir atteindre tout au plus 1,1 à 1,2 mm. Supposons maintenant qu'il s'agisse de comparer deux mesures ayant une différence de longueur notablement plus grande, par exemple, une mesure prussienne de 3 pieds et un mètre, mesures que nous supposerons être toutes deux *à bouts*. Si, à la plus courte des deux mesures, dans le cas actuel à la mesure prussienne de 3 pieds, on juxtapose bout à bout une longueur connue, choisie de telle sorte que l'ensemble soit égal, à $\pm$ 1 mm. près, à la mesure la plus longue, c'est-à-dire au mètre, la différence restante pourra être déterminée au moyen du miroir; ou, d'une manière plus générale, si à l'une et à l'autre mesure on ajoute des rallonges, dont la différence soit exactement connue et s'accorde, à moins de 1 mm. près, avec la différence des mesures, — la rallonge

la plus courte s'ajoutant à la mesure la plus longue et vice-versâ, — on peut ensuite trouver, à l'aide du miroir, la petite différence qui subsiste entre ces mesures allongées. La question se trouve donc réduite à savoir réaliser, dans tous les cas qui peuvent se présenter, les rallonges nécessaires. Pour cela, j'ai fait confectionner, ou ai confectionné en partie moi-même, les règles suivantes:

1°. Une règle de 5 décimètres . . . . . = 0,5 mètre
2°. „ „ „ 2 „ . . . . . = 0,2 „
3°. Trois règles, chacune de 1 décimètre, ensemble = 0,3 „
Lesquelles, ajoutées bout à bout, font une longueur de 1,00 mètre.

Ensuite, un décimètre divisé de la même manière, et composé par conséquent de:

4°. Une règle de 5 centimètres. . . . . = 0,05 mètre
5°. „ „ „ 2 „ . . . . . = 0,02 „
6°. Trois règles, chacune de 1 centimètre, ensemble = 0,03 „
Lesquelles, ajoutées bout à bout, font une longueur de 0,10 mètre.

Enfin, la même longueur de un décimètre, mais divisée en *neuf* parties, et composée de:

7°. Deux règles, chacune de $33\frac{1}{2}$ mm. de long, ensemble . . . . . = $0,066\frac{2}{3}$ mètre
8°. Trois règles, chacune de $11\frac{1}{9}$ mm. de long, ensemble . . . . . = $0,033\frac{1}{2}$ „
Lesquelles, ajoutées bout à bout, font de nouveau une longueur de . . . . . = 0,100 mètre.

Toutes ces règles, grandes et petites, peuvent, à l'aide du miroir, être comparées entre elles et avec le mètre. On commence, par exemple, par les trois règles de 1 décimètre, qu'on compare entre elles; puis, on compare le *double décimètre* avec deux décimètres juxtaposés; ensuite, la règle de 5 décimètres est comparée avec trois décimètres et le double décimètre, unis bout à bout; enfin, la série $0,5 + 0,2 + 3 \times 0,1$ est comparée avec

le mètre entier: on peut alors calculer, pour chacune des subdivisions séparément, l'erreur qui l'affecte.

On procède de la même manière à l'égard des règles de plus petite dimension, qui sont comparées entre elles, et dont l'assemblage est comparé avec un des décimètres. La subdivison de l'unité, mètre ou décimètre, en *dixièmes* et en *neuvièmes*, au moyen de règles, aurait aussi pu se faire d'une autre manière [1]).

Pour comparer maintenant avec le mètre la longueur d'une règle quelconque, que nous supposerons plus courte que le mètre, il est clair d'abord qu'on peut assembler autant de décimètres, ou autant plus un, que la règle en compte en nombres ronds, ce qui donne une règle composée, différant de moins de 100 mm., en plus ou en moins, de la règle proposée. Soit la différence x intermédiaire entre a et $a + 1$ mm.: il faut alors composer, avec des 9èmes et des 10èmes parties de décimètre, une rallonge comprise entre ces limites. A cet effet, réduisons la différence x en 90èmes de décimètre, et soit

$$x > \frac{10\,p + q}{90} \text{ et } < \frac{10\,p + q + 1}{90} \text{ décimètres,}$$

p et q représentant des nombres entiers $\leqq 9$. On a alors, S étant un nombre entier quelconque:

$$\frac{10\,p + q}{90} = (p + q - 9\,\mathrm{S}) \times \frac{1}{9} + (10\,\mathrm{S} - q) \times \frac{1}{10}.$$

En remplaçant, dans cette formule, p et q par leurs valeurs numériques, et donnant ensuite à S une valeur telle, que $p + q - 9\,\mathrm{S}$

---

[1]) Ce qu'il y aurait de plus rationnel, ce serait de réaliser la division en 10 parties par 9 règles, d'une longueur de $\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{3}{10}, \frac{4}{10}, \frac{5}{10}, \frac{6}{10}, \frac{7}{10}, \frac{8}{10}, \frac{9}{10}$, avec addition d'une seconde règle de $\frac{1}{10}$, pour la vérification de toutes les autres; et pareillement, la division en 9 parties, par 8 règles $= \frac{1}{9}, \frac{2}{9} \ldots \frac{8}{9}$, avec encore une $= \frac{1}{9}$. De cette manière, on n'aurait jamais à assembler plus de deux règles, ce qui est certainement un avantage.

reste < 9 et $10\,S - q < 10$, ce qui est toujours possible, on trouve le nombre de 9èmes et de 10èmes du décimètre, qui, pris ensemble, constituent, à moins de $\pm 1\frac{1}{10}$ mm. près, une rallonge de x mm., ou bien, dont la différence s'élève à x mm.

Prenons, comme exemple, une règle de 3 pieds de Prusse: désignant cette longueur par a, on a

$$a = 0{,}94156 \text{ mètre.}$$

Cette longueur peut être comparée soit avec une longueur de 9 décimètres, soit avec le mètre: dans le premier cas, $x = 41{,}56$ mm. $= \frac{37{,}4}{90}$ décim. $> \frac{37}{90}$ et $< \frac{38}{90}$. Nous avons donc:

1°. $p = 3$, $q = 7$ et $x > (10 - 9\,S) \times \frac{1}{9} + (10\,S - 7) \times \frac{1}{10}$ décim.,

2°. $p = 3$, $q = 8$ et $x < (11 - 9\,S) \times \frac{1}{9} + (10\,S - 8) \times \frac{1}{10}$ décim.

Dans l'un et l'autre cas, on ne peut prendre que $S = 1$, ce qui donne:

$$x > \frac{1}{9} + \frac{3}{10} \text{ décim.}$$

$$x < \frac{1}{9} + \frac{2}{10} \text{ décim.}$$

On peut donc comparer le triple pied de Prusse, au moyen du miroir, avec une longueur de:

$$\left(9 + \frac{1}{9} + \frac{3}{10}\right) \text{ décim.} = 0{,}94111 \text{ mètre.}$$

$$\text{ou avec } \left(9 + \frac{2}{9} + \frac{2}{10}\right) \text{ décim.} = 0{,}94222 \text{ mètre.}$$

Si l'on veut comparer la mesure de 3 pieds de Prusse avec le mètre lui-même, celui-ci est la règle la plus longue, et l'on a:

$$x = 58{,}44 \text{ mm.} = \frac{52{,}6}{90} \text{ décim., c.-à-d.} > \frac{52}{90} \text{ et } < \frac{53}{90} \text{ décim.,}$$

par conséquent:

1°. $p = 5$, $q = 2$ et $x > (7 - 9\,S) \times \frac{1}{9} + (10\,S - 2) \times \frac{1}{10}$ décim.

2°. $p = 5$, $q = 3$ et $x < (8 - 9\,S) \times \frac{1}{9} + (10\,S - 3) \times \frac{1}{10}$ décim.

Dans ces deux cas, on peut faire $S = 0$ et $S = 1$; on obtient ainsi :

$$x > \left(\frac{7}{9} - \frac{2}{10} = -\frac{3}{9} + \frac{8}{10}\right) \text{ et } x < \left(\frac{8}{9} - \frac{3}{10} = -\frac{1}{9} + \frac{7}{10}\right) \text{ décim.}$$

On comparera donc :

$$\left.\begin{array}{rrl} & a + \frac{7}{9} \text{ décim.} & = 1{,}01934 \text{ mètre} \\ \text{avec } 1 \text{ m.} + & \frac{2}{10} \quad \text{„} & = 1{,}02000 \quad \text{„} \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{rrl} \text{ou} & a + \frac{8}{10} \text{ décim.} & = 1{,}02156 \quad \text{„} \\ \text{avec } 1 \text{ m.} + & \frac{2}{9} \quad \text{„} & = 1{,}02222 \quad \text{„} \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{rrl} \text{ou} & a + \frac{8}{9} \text{ décim.} & = 1{,}03045 \quad \text{„} \\ \text{avec } 1 \text{ m.} + & \frac{3}{10} \quad \text{„} & = 1{,}03000 \quad \text{„} \end{array}\right\}$$

$$\left.\begin{array}{rrl} \text{ou enfin} & a + \frac{7}{10} \text{ décim.} & = 1{,}01156 \quad \text{„} \\ \text{avec } 1 \text{ m.} + & \frac{1}{9} \quad \text{„} & = 1{,}01111 \quad \text{„} \end{array}\right\}$$

Dans chacun de ces quatre cas, de même que dans les deux précédents, la différence des règles qu'il s'agit de comparer est inférieure à 1 mm., et cette différence peut être déterminée exactement au moyen du miroir; d'ailleurs, il reste une latitude suffisante pour qu'on puisse varier les épreuves expérimentales autant qu'il est nécessaire pour se prémunir contre les chances d'erreur.

Un point essentiel, dans cette manière d'opérer, est que les contacts entre toutes les règles, grandes et petites, qui doivent être juxtaposées, soient bien intimes et qu'ils se fassent toujours dans les mêmes points. A cet effet, les subdivisions du mètre, jusqu'au décimètre inclusivement, sont taillées à l'un des bouts en plan perpendiculaire à la direction longitudinale, et à l'autre bout en calotte sphérique. Les règles plus petites, ou subdivisions

du décimètre, sont cylindriques, faites de fil d'acier d'une épaisseur de 4 mm. Leurs extrémités pourraient être taillées de même en surface plane et en surface sphérique. Mais, en réalité, j'ai donné à ces extrémités la forme de coins tronqués, disposés de telle sorte que les arêtes des faces terminales se croisent à angle droit. Pour assembler ces petites règles, on peut les placer entre deux plans inclinés, formant une espèce de gouttière, qui les élèvent à la hauteur de l'axe des grandes règles qu'elles doivent prolonger, ou des points d'appui contre lesquels elles doivent buter. On fera faire, par exemple, 9 petits blocs de bois, de la forme indiquée dans la fig. 7, pour porter les divisions *décimales* du décimètre, et 8 autres petits blocs destinés aux divisions *novénaires*. La longueur A B de chacun de ces petits blocs doit naturellement être un peu moindre que la longueur de la règle simple ou composée qu'il doit recevoir, afin que les extrémités de la règle dépassent un peu le support. De cette manière, ces règles pourront être placées, par exemple, entre les points d'appui fixes A et B (fig. 3) et les mesures de longueur qu'il s'agit de comparer, ou bien contre le point d'appui E, fig. 2. Du reste, la forme à donner aux supports des petites règles est chose accessoire, et l'on pourra adopter d'autres dispositions si on le juge préférable. Mon seul but a été ici d'indiquer le principe à l'aide duquel on peut, sans règles *divisées*, combiner un comparateur qui convienne pour toutes les longueurs quelconques.

Une autre application du miroir, comme instrument de mesure, consiste dans la détermination d'une *petite épaisseur*, par exemple, du diamètre d'un fil métallique délié. La manière dont je m'y suis pris est représentée dans la fig. 8. E est encore une pièce de bois, portant un petit miroir E F. Cette pièce repose sur trois petits pieds minces d'acier G, G′ et H, ponr lesquels on a pris des aiguilles ordinaires, épaisses de 0,7 mm., qui ont été cassées au bout, puis usées suivant une surface plane. Les surfaces terminales G et G′ sont des rectangles, dont les côtés longs se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre. La surface

terminale de H est un segment de cercle, dont l'arc mesure environ 300°. C est une autre pièce de bois, reposant sur trois pointes arrondies. Cette pièce porte également un petit miroir, mais qui est environ *trois fois* plus étroit que le miroir E F, de sorte que, vu de O, C D ne couvre que $\frac{1}{3}$ de E F. Les deux pièces reposent sur une plaque de verre K I. — O A B est une échelle verticale, le long de laquelle peuvent monter et descendre deux règles L et M, perpendiculaires à O A B. Sur l'un des côtés plats de chacune de ces règles est collé un papier blanc, qui porte en son milieu une ligne noire horizontale. Les côtés recouverts de papier et présentant les traces rectilignes sont tournés vers les miroirs. Latéralement à l'échelle A B, la règle inférieure est percée de plusieurs ouvertures, d'une largeur suffisante pour qu'on puisse y fixer une lunette, qui alors est portée par la règle et monte et descend avec elle. Pour mesurer au moyen de cet appareil l'épaisseur d'un objet, on commence, les pièces qui portent les miroirs étant mises en place sur le verre K I, par élever ou abaisser la règle L avec sa lunette, jusqu'à ce que l'image de la ligne noire L se voie dans le miroir C D. Le point O, où cela a lieu, appartient alors à une perpendiculaire au plan C D. Ensuite, on déplace la règle M, jusqu'à ce que l'image de la trace noire M, dans le miroir E F, paraisse en coïncidence avec l'image de la trace L dans le miroir C D. Pour que cela arrive, il faut, lorsque M se trouve un peu au-dessus de O, par exemple en A, que le miroir E F penche un peu en arrière, ou C D un peu en avant. Après avoir noté sur l'échelle la distance O A, on place l'objet dont on veut mesurer l'épaisseur sous le pied H, ce qui fait incliner le miroir E F plus ou moins en arrière. On élève alors la règle M, jusqu'à ce que l'image de la ligne M se montre de nouveau en coïncidence avec l'image de la ligne L, et on mesure sur l'échelle la distance O B.

Soient O A $= x$, O B $= x'$, la distance de O à F E $= m$, et l'angle de soulèvement du point H au-dessus de K I, décrit d'un point de l'axe G G', $= \varphi$, on aura d'une manière approchée :

$$\sin. \varphi = \frac{x' - x}{2\,m} \left\{ 1 - \tfrac{1}{2} \left(\frac{x' - x}{2\,m} \right)^2 - \left(\frac{x' + x}{2\,m} \right)^2 \right\}.$$

Si, de plus, r désigne la perpendiculaire abaissée de H sur G G′, c'est-à-dire, sur la droite qui joint les côtés éloignés des rectangles G, G′, on a pour l'épaisseur cherchée:

$$\textit{épaisseur} = r \sin \varphi.$$

La perpendiculaire r doit être comptée du point où a lieu le contact entre l'objet et le pied H, jusqu'à la droite G G′, telle qu'elle vient d'être définie. Si l'objet est plat, le contact se fait sur la corde du segment H; s'il est convexe en dessus, comme lorsqu'il s'agit par exemple d'un grain de sable, on doit tâcher d'estimer en quel point du plan H s'établit le contact. Un fil métallique peut être placé sous le pied H de façon que le contact ait de nouveau lieu sur la corde; il suffit pour cela de donner au fil la direction de H vers G G′. S'il s'agissait de mesurer uniquement l'épaisseur d'objets plats, on pourrait donner au dessous du pied H une forme légèrement sphérique, ce qui ferait tomber le contact toujours au milieu de la petite surface H.

Pour déterminer la longueur de la perpendiculaire abaissée de H sur G G′, j'ai procédé de la manière suivante. Les pieds de la pièce reposant sur une glace, dont la surface avait été ternie par un peu d'huile, je la fis glisser le long d'une règle. Il se forma ainsi deux ou trois lignes brillantes sur le verre terni: deux, lorsque les traces des pieds G et G′ se confondaient, trois, lorsque cela n'avait pas lieu. En mesurant la distance de ces lignes brillantes, ainsi que leurs largeurs, il était facile de trouver la valeur de la perpendiculaire r et les largeurs des petits plans G, G′ et H, — soit directement, soit à l'aide d'un petit calcul, quand les lignes tracées étaient au nombre de *trois*. Ce dernier cas est le plus favorable, à condition que les traces de G et de G′ soient très rapprochées l'une de l'autre. On a trouvé ainsi:

Largeur des petits plans G et G′ dans la direction de la perpendiculaire	= 0,18 mm.
Rayon du segment de cercle H	= 0,36 „
Distance du côté éloigné G G′ au centre de H	= 10,76 „
Distance du côté éloigné G G′ à la corde.	= 10,66 „

J'ai mesuré, entre autres, avec cet appareil, l'épaisseur de quelques échantillons de fil de cuivre, tel qu'on le trouve dans le commerce, enroulé sur des bobines; savoir:

Fil d'une bobine marquée N°. 5 = 0,3125 mm.
" " " " N°. 7 = 0,2625 "
" " " " N°. 9 = 0,1855 "

Lorsque les épaisseurs à mesurer sont inférieures à 0,1 mm., il est plus simple, et en même temps plus facile, d'employer, au lieu d'un miroir, un niveau, comme le montre la fig. 9. E est de nouveau un parallélépipède de bois, reposant sur trois petits pieds en acier, tout comme la pièce E de la fig. 8. Sur ce petit bloc est fixé, dans une entaille, un niveau C D, qui permet de mesurer un petit angle de soulèvement du pied H. L'emploi de ce petit appareil est suffisamment clair, d'après ce qui précède: on note la position de la bulle d'air, avant et après que l'objet a été placé sous le pied H. L'espace parcouru par la bulle donne l'angle de soulèvement φ, et ensuite *l'épaisseur* de l'objet qui se trouve sous H, $= r \sin. \varphi$.

Les mesures effectuées sur la pièce E m'ont donné:

Perpendiculaire abaissée du centre du plan H
au côté éloigné G G′ des petits rectangles r. = 10,35 mm.
Largeur des petits rectangles G et G′. . . . = $0,17\frac{1}{2}$ "
Rayon du petit plan H . . . . . = 0,36 "

On a laissé ici à ce petit plan H la forme d'une cercle entier.

Les divisions du niveau ont chacune une longueur de 2 mm., et représentent une valeur angulaire de 45″,8. Il suit de là que chaque division du niveau correspond à une épaisseur de 10,35 × *sin.* 45″,8 = 0,00229 mm., savoir, quand l'objet est placé sous le centre du petit plan H. Il vaudrait peut-être mieux prendre le rayon r plus grand et le niveau plus sensible: par là, l'influence de la diversité de position du point de contact, à la base du pied H, deviendrait proportionnellement plus faible.

Comme exemple de l'emploi de ce petit appareil, je citerai la mesure que j'ai faite, le 9 décembre 1849, de l'épaisseur d'un cheveu d'un enfant de 12 ans:

	Position du milieu de la bulle d'air.
Rien sous le pied H.	33,30
Le cheveu „ „ „ „	7,35
Rien „ „ „ „	33,30
Le cheveu „ „ „ „	7,75
Rien „ „ „ „	32,95

Par conséquent : Déplacement de la bulle 1° 33,30 — 7,35 = 25,95
2° 33,13 — 7,75 = 25,38
Moyenne. . . = 25,66

Epaisseur du cheveu = 25,66 × 0,00229 = 0,0588 mm.

J'ai trouvé de la même manière :

Epaisseur d'un cheveu d'un autre enfant, âgé de 16 ans	= 0,0563	mm.
Poil de chat	= 0,0307	„
Poil de souris	= 0,0136	„
Fil de verre	= 0,0382	„
Plomb en feuille, enveloppant des bonbons.	= 0,0146	„
Or battu faux, pour doreurs.	= 0,0015	„
Or battu fin	= 0,0008	„
L'erreur probable de cette dernière détermination est	= ± 0,000076	„

En dernier lieu, j'ai appliqué le principe de réflexion à des fils suspendus verticalement, ou fils à plomb, afin de rendre visible l'indication, par ces fils, de très petits changements de position éprouvés par des objets verticaux. Soit A E, fig. 10, un fil de cuivre suspendu verticalement, tendu par un poids ou plomb E, et auquel est adapté, à une certaine hauteur au-dessus du poids, un petit miroir. Cette adaptation peut se faire en enchâssant le miroir dans une petite boîte de bois ou de cuivre, qui se fixe par des vis de pression au fil, lequel passe alors soit devant, soit derrière le miroir. Le fil doit se trouver serré assez fortement pour qu'il *se torde*, lorsqu'on imprime au miroir un mouvement de rotation autour du fil considéré comme axe vertical,

Derrière le miroir, dans la boîte qui l'enchâsse, est fixée l'extrémité inférieure ou aiguë d'une aiguille B C, de telle sorte, que la pointe fasse saillie en arrière. Lorsque le fil, chargé du miroir et du poids, vient d'être suspendu au point fixe A, et qu'on l'abandonne à lui-même, il possède ordinairement encore une certaine torsion, par suite de laquelle le miroir et le poids subissent une rotation d'un ou plusieurs tours ou d'une fraction de tour, puis oscillent pendant quelque temps, avant de s'arrêter dans une position fixe. Quand cette position est atteinte, la torsion du fil est détruite. Si alors on force le miroir à tourner d'une circonférence entière ou d'une partie de circonférence, de manière à donner à la partie supérieure du fil une torsion qui tende à mouvoir en avant la pointe B de l'aiguille, mais qu'en même temps on empêche ce mouvement de se produire, en opposant à la pointe un plan fixe B, le miroir prendra de nouveau une certaine position déterminée. Le plan fixe B sera, par exemple, la tête dressée d'un clou, assujetti, derrière le miroir, dans le mur auquel est fixé également le point de suspension A. La position du miroir est maintenant déterminée par la force de torsion dans la partie du fil située au-dessus du miroir, par la pesanteur, qui tire de haut en bas le poids E, le miroir et le fil, et par la situation relative des points A et B. L'effet de la force de torsion est de presser la pointe de l'aiguille contre le plan B, mais, en même temps, d'écarter un peu de la direction verticale, en avant, la portion du fil au-dessus du miroir. La pesanteur du poids E, du miroir et du fil tendent à ramener le fil dans la direction verticale, et entre ces diverses forces il s'établit un équilibre, grâce auquel le miroir reste en repos, bien entendu, aussi longtemps que les points A et B demeurent invariables. Supposons, au contraire, que, par une cause quelconque, le mur auquel sont liés les points A et B prenne une légère inclinaison en avant ou en arrière, il est clair qu'alors la position du miroir devra immédiatement changer. Dans le premier cas, en effet, le point A avancerait relativement au point B, et par conséquent l'arête D du miroir éprouverait aussi

un déplacement en avant. Dans le second cas, A reculerait par rapport à B, et par suite l'arête D du miroir subirait une rotation rétrograde. Dans ces mouvements, B est toujours le centre autour duquel le miroir tourne. Or, comme la rotation du miroir peut être observée sur une échelle éloignée, on a ainsi le moyen de mesurer avec exactitude le plus petit déplacement relatif de A et B, et par conséquent la plus légère déviation du mur par rapport à sa position initiale.

Soient: la longueur du fil, depuis le point de suspension A jusqu'à la hauteur de l'aiguille C, ... $= l$,
la distance du point C au fil . . . . . $= r$,
la distance du miroir à l'échelle qui lui est opposée . $= m$,
l déplacement noté sur cette échelle . . . . . $= h$,
et le changement survenu dans la position verticale du mur . . . . . $= \alpha$,

on a, à très peu près:

$$\alpha \frac{r}{l} \times \sin. 1'' = \frac{h}{2\,m}, \text{ et par conséquent } \alpha = \frac{r}{2\,l\,m \sin. 1''} \times h.$$

Prenons, comme exemple:

l = 4 mètres . . . . . = 4000 mm.
r = 1 centimètre . . . . . = 10 „
m = 5 mètres . . . . . = 5000 „

il vient, en secondes:

$$\alpha = \frac{1}{2000000 \sin. 1''} \times h = 0{,}103 \times h.$$

Dans ce cas, chaque millimètre sur l'échelle divisée correspondra donc environ à 0″,1 de changement dans la position du mur.

Depuis l'année 1841, un fil à plomb, de la nature de celui qui vient d'être décrit, est suspendu au mur nord du Bureau de vérification d'Amsterdam, et indique régulièrement les variations d'inclinaison de ce mur. On distingue avec évidence, dans ces variations, une période diurne et une période annuelle. Un second fil à plomb, de construction semblable, a été fixé dernièrement au mur est du même bâtiment.

L'emploi des fils à plomb à miroir n'est pas borné exclusivement à l'indication des changements de position de murs verticaux : il me semble qu'ils pourraient aussi être adaptés avec fruit à quelques instruments astronomiques, par exemple, aux lunettes zénithales. Qu'on se figure un rectangle dont les côtés longs aient une direction verticale. Un de ces côtés représentera un axe vertical, l'autre une lunette zénithale pouvant tourner autour de cet axe. A l'anneau de cuivre qui enchâsse l'objectif de la lunette sera suspendu directement un fil à plomb à miroir, ou, mieux encore, deux de ces fils, l'un au nord ou au midi, l'autre à l'est ou à l'ouest. Si alors on prend les points d'appui fixes des miroirs sur quelque partie de l'appareil auquel sont attachés les fils immobiles qui occupent le foyer de la lunette, les fils à plomb feront connaître les changements de position relative qui se produiront entre l'objectif et le réticule, abstraction faite de toutes les autres parties entrant dans la construction de la lunette. Mais, comme la lunette est supposée mobile autour de l'axe vertical, et que les fils à plomb sont nécessairement entraînés dans cette rotation, il faudrait aussi que l'échelle sur laquelle se lit la position des miroirs pût partager ce même mouvement, ce qui, bien que possible à la rigueur, susciterait de graves embarras. Pour parer à cette difficulté, on pourra fixer à la lunette, derrière le miroir d'un des fils à plomb (et le dépassant soit en dessus, soit en dessous), un autre miroir, dont la normale indiquera le zéro de l'échelle. Ce zéro et ensuite l'angle des deux miroirs, le miroir fixe et le miroir suspendu, peuvent être déterminés de la manière marquée dans la fig. 8. On pourrait aussi adopter une disposition analogue à celle des sextants, tourner l'une vers l'autre les faces réfléchissantes du miroir fixe et du miroir suspendu, et observer l'angle que ces faces font entre elles, en visant, dans une petite lunette, au voisinage immédiat de l'oculaire de la lunette zénithale, les divisions d'une échelle, tant directement qu'après une double réflexion. Cette disposition aurait l'avantage qu'il suffirait d'un petit déplacement de l'œil pour que l'observateur pût reconnaître de suite la position du fil

à plomb. La lunette, l'axe, les fils à plomb et les miroirs peuvent d'ailleurs être entourés d'une enveloppe de matière peu conductrice — ne laissant que les ouvertures nécessaires, fermées par des disques de verre — tant afin de prévenir les brusques changements de température, que pour mettre les miroirs à l'abri des courants d'air. Il faudra aussi, ce qu'il est facile d'obtenir, que les fils à plomb puissent être immobilisés sans secousses, afin qu'ils n'éprouvent pas d'oscillations quand la lunette doit tourner autour de l'axe. Pour observer avec cet appareil la déclinaison d'une étoile qui traverse le méridien très près du zénith, on procédera, j'imagine, de la manière suivante. Peu de temps avant le passage de l'étoile, on tournera l'un des miroirs au nord ou au sud et on notera sa position; ensuite on mesurera, à l'aide du fil mobile du micromètre, la distance de l'étoile au zénith, jusqu'à ce que l'étoile soit arrivée très près du passage. La lunette sera alors tournée de 180° autour de l'axe et, immédiatement après, les mesures de la distance seront reprises et continuées aussi longtemps que possible. Pour terminer, on notera de nouveau la position du miroir, qui, maintenant, se dirigera vers le sud ou vers le nord. Je n'ai malheureusement pas l'occasion de mettre à l'essai le moyen que je viens d'exposer, et je ne puis donc décider s'il offrirait réellement le degré d'exactitude dont il me paraît susceptible. Comme simple projet, il me semble d'une exécution plus facile et moins coûteuse que celui communiqué par M. Faye dans les *Comptes rendus* (voy. N°s 12 et 14, 17 sept. et 1 oct. 1849), tout en présentant, comme celui-ci, l'avantage de laisser l'objectif tout entier disponible pour l'observation de l'étoile.

Les fils à plomb pourvus d'un miroir peuvent aussi être utilisés pour rendre sensibles de très petits changements azimutaux, dans la supposition, bien entendu, que le sol lui-même n'en éprouve pas de pareils. Soient A et B, fig. 11, deux points — tels, par exemple, que les extrémités d'une lunette ordinaire ou les extrémités de l'axe d'une lunette méridienne — dont on demande de trouver les petits déplacements azimutaux relatifs. Figurons par C D un fil métallique, aussi long que possible, disposé horizon-

talement au-dessus du sol, et tendu avec force; et par A E et B F deux fils à plomb à miroir, suspendus aux points A et B. Si alors les bords G et H des deux miroirs ou des montures qui les maintiennent sont bien rectilignes, et si les fils A E et B F ont une torsion telle que ces bords appuient contre le fil métallique tendu C D, il est clair que tout déplacement horizontal, perpendiculaire à la direction C D, que subira A ou B, sera accusé par les miroirs. De la différence de ces déplacements, combinée avec la distance A B, on déduira immédiatement la valeur du changement azimutal de A par rapport à B. J'ai appliqué ce moyen avec succès à une lunette qui était placée dans le premier vertical, pour l'observation de passages d'étoiles, destinés à donner la latitude.

Le fil à plomb à miroir pourrait encore, ce me semble, intervenir avec avantage dans la détermination de la dilatation par la chaleur. Si, aux deux extrémités de la barre dont il s'agit d'étudier la dilatation, sont suspendus des fils à plomb, tordus dans *le même* sens, et dont les miroirs arrêtent contre des appuis fixes, la *différence* des rotations subies par les miroirs, dans le même sens, fera connaître la dilatation ou le raccourcissement de la barre. Par appuis fixes, j'entends seulement ceux qui sont soustraits à l'influence de l'augmentation ou de la diminution de chaleur appliquée à la barre, et qui, par conséquent, sont fixes l'un par rapport à l'autre. Comme tels, je pense qu'on pourrait de nouveau employer convenablement deux fils métalliques tendus avec force, horizontaux et parallèles, qui seraient attachés, par exemple, à droite et à gauche, aux murs d'une chambre. Si on le juge utile, on peut même, à chaque mur, relier entre eux les points d'attache des fils métalliques, par des tiges de verre par exemple, et suspendre à cet endroit des thermomètres, afin de tenir compte de petites variations de température qui pourraient modifier légèrement l'éloignement mutuel de ces points d'application. La barre à étudier étant maintenant plongée dans un bain réchauffant ou refroidissant, vers le milieu de la chambre et au-dessus des fils métalliques tendus, et chacun des deux miroirs appuyant,

de même que dans la fig. 11, contre un de ces fils tendus, la dilatation ou la contraction de la barre pourra être observée commodément et avec exactitude. Pour que les fils à plomb puissent pendre librément aux extrémités de la barre, il conviendra que celles-ci fassent légèrement saillie en dehors de l'auge qui contient le liquide réchauffant ou réfrigérant, saillie qui du reste n'aura pas besoin de dépasser 1 mm., par exemple. Il serait possible, en outre, que la chaleur du bain occasionnât quelque changement dans la force de torsion de la partie supérieure des fils à plomb; mais il n'en résultera aucun effet nuisible, si l'on a eu soin de prendre pour les deux fils à plomb des portions d'un même fil métallique, et de leur donner à chacun la même torsion; car, dans ce cas, l'influence éventuelle, exercée par la chaleur sur l'énergie avec laquelle les fils tendent à se détordre, serait égale et de même signe pour chacun de ces fils, et disparaîtrait par conséquent du résultat final. De même que plusieurs des idées précédentes, celle-ci n'a pas encore reçu d'application.

En général, je suis porté à croire qu'il y a dans la géométrie pratique des cas assez nombreux où les miroirs et les fils à plomb à miroir trouveraient un emploi avantageux. Ainsi, pour citer encore un exemple, le miroir fig. 8 peut utilement servir à mesurer de petites flexions, produites par une légère augmentation de charge. On n'a, pour cela, qu'à faire reposer les pieds G et G′ sur un plan fixe, et le pied H sur un point de la barre qui fléchit. A l'aide des miroirs, il serait facile aussi de constater si des barres de fer deviennent un peu plus longues ou plus courtes sous l'influence d'une aimantation temporaire, et, de même, si des barres d'acier éprouvent quelque changement appréciable dans leurs dimensions, quand on leur communique une force magnétique permanente.

Si, parmi les idées que je viens d'esquisser, et dont beaucoup sont restées à l'état de simple projet, quelques-unes pouvaient trouver une application utile, le but de la présente communication serait largement atteint.

SUR LA

MORPHOLOGIE DES MUSCLES DE L'ÉPAULE CHEZ LES OISEAUX,

PAR

EMIL SELENKA,
Professeur à l'Université de Leide.

Dans la myologie comparée des animaux vertébrés, il ne s'agit pas de paralléliser tous les muscles de même fonction, ou de même forme et situation, ou de même innervation: il importe plutôt de tenir compte de tous ces points de vue à la fois, pour ramener les muscles de structure *compliquée* aux muscles *plus simples*, et, dans l'accomplissement de cette tâche, c'est non-seulement le scalpel, mais aussi la manière différente de vivre et le développement du squelette, qui doivent servir de guides.

C'est ainsi, par exemple, que la myologie comparée nous a appris que le *musculus rectus abdominis* des Mammifères et des Oiseaux doit être rattaché, morphologiquement, aux muscles intercostaux: tous les deux, en effet, sont situés au même niveau, tous les deux se confondent chez les vertébrés inférieurs, où les côtes manquent ou deviennent rudimentaires, tous les deux, enfin, sont innervés de la même manière. C'est ainsi encore, que les muscles de la main de l'Oiseau ne diffèrent pas beaucoup, au point de vue morphologique, des muscles de la main du Mammifère, bien que, sous le rapport fonctionnel, il existe une différence très grande: car les points d'insertion peuvent subir des déplacements notables et tels que tous les mouvements de la main de l'Oiseau sont réduits, presque exclusivement, à l'abduction et à

l'adduction. La conformation des articulations et les passages d'un type à un autre doivent donner ici l'explication des faits.

L'accroissement énorme que reçoivent chez l'Oiseau les muscles de l'épaule va de pair avec le développement considérable de la ceinture osseuse de cette partie. Et, de même que l'os coracoïdien, la fourchette et l'appareil épisternal des Oiseaux peuvent être ramenés à l'apophyse coracoïde de l'omoplate, à la clavicule et à l'épisternum d'autres animaux vertébrés, de même on parvient à retrouver les muscles de l'aile des Oiseaux, si puissamment développés, dans les faibles muscles de l'épaule d'autres animaux, notamment des Reptiles.

Je me propose de donner ici quelques indications au sujet de différents muscles dont la signification a été mal comprise jusqu'à présent.

Pectoralis maior et minor.

Comme muscles de la poitrine on trouve cités, dans les auteurs, sept muscles différents. Néanmoins, ainsi que M. Rolleston l'a montré le premier, l'Oiseau ne possède que deux muscles pectoraux, qui correspondent au grand et au petit pectoral des classes animales voisines. Tous les autres muscles, décrits comme muscles pectoraux, sont des homologues des muscles sous-clavier, coraco-brachial et deltoïde d'autres vertébrés.

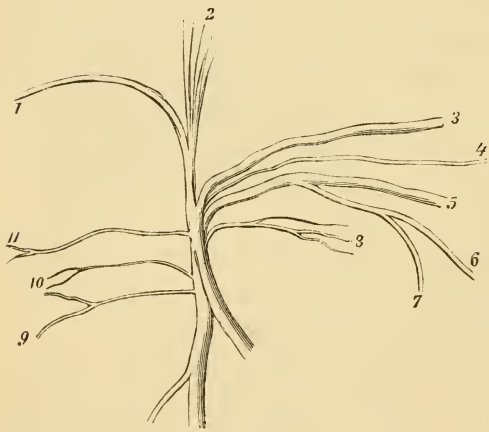
Ce qu'on a appelé jusqu'ici grand pectoral, est un muscle composé. La partie superficielle, plus forte, est le grand pectoral véritable, la partie plus profonde est le petit pectoral.

Il est vrai que presque toujours ces deux muscles se confondent partiellement entre eux. La preuve que la masse musculaire est composée d'un muscle grand pectoral et d'un muscle petit pectoral proprement dits, est fournie par les faits suivants.

1°. Chez les embryons il n'y a pas encore de soudure; les deux muscles sont distincts, et ce n'est qu'à mesure des progrès du développement, que leurs bords se soudent de plus en plus intimement. Toutefois, la soudure ne paraît jamais s'étendre à la surface entière par laquelle les deux muscles se touchent. Du moins, chez un grand nombre d'Oiseaux, j'ai toujours trouvé un

endroit où les deux pectoraux glissaient encore l'un sur l'autre, sans avoir contracté d'union.

2°. Chez le Pélican, il n'y a qu'un petit nombre de fibres marginales du petit pectoral qui se soudent avec le grand pectoral, mais les tendons qui terminent les deux muscles se réunissent à peu de distance de l'insertion sur l'humérus. Un fait que j'ai observé dans cet animal, et qui m'a paru nouveau, c'est l'existence d'une scissure profonde du muscle petit pectoral, scissure dont on voit une représentation fidèle Pl. II. Néanmoins, dans ce cas encore, l'union des tendons terminaux des deux muscles pectoraux se fait d'une manière très intime, car les fibres tendineuses du petit pectoral passent, tout à fait irrégulièrement, dans les deux tendons terminaux du grand pectoral, qui se montrent sous leur forme typique.



Ramifications des nerfs du plexus brachial du Canard domestique, prises au côté gauche et vues de la face ventrale de l'animal.

Les chiffres placés à côté des nerfs indiquent les muscles que ces nerfs innervent : 1. Pectoralis major. 2. Pectoralis minor. 3. Biceps et antebrachium. 4. Triceps. 5. Antebrachium et membrana anterior alae. 6. Latissimus dorsi. 7. Deltoides. 8. Teres maior. 9. Subclavius. 10. Coracobrachialis brevis. 11. Coracobrachialis longus.

Le nerf du sous-clavier, qui perce la chair du court coracobrachial, envoie également un rameau très faible à ce dernier muscle.

3°. L'innervation des deux muscles pectoraux se fait chez les Oiseaux de la même manière que dans les classes voisines : du plexus nerveux situé près du creux de l'aisselle, part un nerf dichotome, dont l'une des branches se rend au muscle grand pectoral, et l'autre au muscle petit pectoral.

4°. La soudure des deux muscles pectoraux s'observe aussi dans d'autres classes d'animaux, par exemple, chez le *Mus decumanus*.

Subclavius.

On doit désigner sous le nom de sous-clavier un muscle qui est situé au-dessous du grand pectoral, qui prend son origine à l'angle du sternum et aussi à la membrane coraco-claviculaire, s'élève le long de l'os coracoïdien, dont souvent il reçoit aussi des fibres, traverse ensuite, à l'état de tendon (et en donnant lieu à la formation d'une bourse muqueuse), *le foramen tri-osseum*, fait en ce point un léger coude, passe sur la capsule articulaire de l'épaule, et s'insère enfin à l'humérus. L'action du tendon de ce muscle consiste dans la rotation de l'aile, quand celle-ci est repliée; quand elle est étendue, l'effet produit est l'adduction ou, si celle-ci est empêchée, l'élévation de l'aile.

Ce muscle est ce que les auteurs appelaient le second pectoral. Il est certain que lorsqu'on compare sa surface d'origine chez les Oiseaux avec celle qu'il présente chez les Reptiles et les Mammifères, on est frappé de sa large insertion sur le sternum. Mais cela ne constitue pas une difficulté sérieuse; car chez l'Emeu, la portion sternale du sous-clavier est déjà très petite, et chez l'Autruche, où du reste le sous-clavier existe encore très distinctement, cette portion sternale manque tout à fait. De plus, M. Rolleston a fait voir que le nerf qui se ramifie dans le sous-clavier est formé d'une manière homologue chez les Oiseaux et chez les Mammifères. Enfin, on doit se rappeler que nous avons déjà, ci-dessus, assigné sa place au second pectoral.

Le sous-clavier des Oiseaux est, à très peu d'exceptions près, un muscle penniforme; des fibres musculaires s'insèrent de part et d'autre à un tendon moyen, qu'elles recouvrent de leur substance. D'après cela, le raccourcissement que le muscle total éprouve dans la direction longitudinale, à la suite d'une contraction, est moins considérable que si ses fibres marchaient dans le même sens que le tendon terminal; mais, en revanche, la traction exercée par le tendon sous-clavier, qui doit élever l'aile entière, est beaucoup plus énergique.

C'est chez le *Didunculus strigirostris* que j'ai trouvé le muscle sous-clavier le plus fortement développé; viennent ensuite le Pin-

gouin, les Pigeons, les Gallinacés, les Canards, les Perroquets. Chez les Oiseaux de proie il est passablement petit.

Il est également court, mais pourtant fortement développé, chez le Pélican. Il prend ici naissance: 1°. sur le sternum, entre la crête et le bouclier sternal; 2°. pour la partie la plus grande, sur la membrane coraco-furculaire, dont il recouvre presque entièrement la face extérieure; 3°. par un faisceau spécial, tout à fait isolé à l'origine, sur le bord médian de l'os coracoïdien.

Coracobrachialis longus.

Les données concernant ce muscle varient d'une manière remarquable. Il part, en général, du bord abdomino-latéral de l'os coracoïdien, et s'insère, par un tendon robuste, sur le *tuberculum inferius s. maius humeri*. Le muscle peut tirer le bras en arrière, mais il paraît que c'est dans la rotation du bras autour de son axe longitudinal qu'il exerce son effet principal.

Il n'est pas rare de voir aussi quelques fibres musculaires prendre naissance sur la lame sternale.

Ce muscle ne doit pas être pris, comme on l'a fait ordinairement, pour un muscle pectoral véritable, et ce n'est que la considération superficielle de sa position au-dessous du pectoral proprement dit, qui a pu lui faire attribuer cette signification. Meckel le regarde comme le coraco-brachial, opinion à laquelle Retzius objecte qu'il pénètre dans la fosse sous-claviculaire, entre la clavicule et l'os coracoïdien; d'après cela, il serait l'homologue du sous-clavier de l'Homme, et si son insertion est différente de ce qu'elle est chez l'Homme, il y a plusieurs autres Mammifères, l'Ornithorhynque par exemple, chez qui il s'attache également à l'extrémité antérieure de l'humérus. Ce raisonnement est loin toutefois de prouver l'homologie présumée, et, en faisant même abstraction de la circonstance que le sous-clavier a déjà été reconnu plus haut, la manière dont le nerf pénètre dans le muscle en question le détermine indubitablement comme muscle coraco-brachial. En outre, l'origine et l'attache terminale du muscle conduisent directement à lui appliquer ce nom.

Des auteurs anciens désignent notre muscle sous le nom de *attollens humeri* ou de *depressor humeri*. Les mêmes divergences existent dans les détails donnés au sujet du trajet du muscle, bien que le muscle ne varie que d'une manière très secondaire chez les différentes espèces. On éprouve réellement de l'embarras à rapporter à un seul et même muscle toutes les descriptions qui en ont été faites jusqu'ici. La réunion partielle avec le court coraco-brachial et les dénominations diverses dont notre muscle a été gratifié ont mis le comble à la confusion qui règne à cet égard.

Coracobrachialis brevis.

Les descriptions anciennes de ce muscle sont également toutes défectueuses et embrouillées, et beaucoup de travaux, du reste très détaillés, ne le nomment même pas. Cuvier ne parle que d'une manière générale de deux muscles qui partent de l'os coracoïdien et s'insèrent à la tête de l'humérus: ce sont ceux que nous décrivons ici comme coraco-brachiaux. Tiedemann cite un *deltoïdeus minor* et un *levator scapulae*, qui répondent, au moins en partie, au *coraco-brachialis brevis*. Gurlt, Wiedemann, Merrem, Aldrovandi n'en font aucune mention.

Le muscle court coraco-brachial peut prendre naissance en quatre portions différentes, partant de l'omoplate, du coracoïdien, du bord supérieur du sternum et du ligament sterno-furculaire. Ces quatre ventres musculaires se réunissent ensuite en un muscle unique, qui s'insère à la tête de l'humérus; ou bien la portion sternale se rend isolément à l'humérus et s'y fixe par un tendon propre.

La masse principale du muscle ne se montre que lorsque le sternum avec ses dépendances est séparé du tronc et qu'on l'examine du côté interne. On voit alors le muscle prendre naissance au bord extérieur du sternum, et se diriger obliquement en haut et en dehors, en se renforçant de fibres parties du ligament sterno-furculaire et de l'os coracoïdien. Dans son trajet ultérieur, il reçoit une seconde portion de fibres, moins considérable, venue du coracoïdien, et enfin une troisième portion originaire du bord

extérieur de l'omoplate. Le tendon d'insertion peut, comme il a été dit plus haut, être simple ou double.

L'action du muscle se confond avec celle du *coraco-brachialis longus.*

Je terminerai cette Note en annonçant que je donnerai bientôt, dans l'ouvrage paraissant sous le titre de „Bronn, *Klassen und Ordnungen des Thierreichs, Abtheilung: Vögel,*" un aperçu systématique des formes principales des muscles dont il vient d'être question.

Explication de la Planche II.

Muscles de l'épaule et du bras du *Pelecanus onocrotalus*, en demi-grandeur naturelle.

Au côté gauche, le muscle grand pectoral a été coupé, et on n'en a laissé subsister que le tendon terminal; de cette manière, on a mis à nu le petit pectoral, dont le tendon terminal est double chez le Pélican.

Au côté droit, on a enlevé les muscles grand et petit pectoral, ce qui laisse á découvert le muscle sous-clavier. La tête inférieure de l'humérus n'a pas été dessinée ici.

x. Origine du grand pectoral.
y. Origine du petit pectoral.
Σ. Sternum.
a. La partie du bouclier sternal non couverte par les muscles.
H. Humérus.
F. Fourchette.
C. Os coracoïdien.

LES MOUVEMENTS DE L'ŒIL ÉCLAIRÉS À L'AIDE DU PHÉNOPHTHALMOTROPE,

PAR

F. C. DONDERS.

Les mouvements de l'œil ont été étudiés avec beaucoup de soin, de sorte que leur mécanisme passablement compliqué est, en général, élucidé d'une manière satisfaisante. Nous connaissons les lois suivant lesquelles ces mouvements s'exécutent, et nous savons en outre dans quelles conditions se présentent certaines déviations à ces lois, déviations légères d'ailleurs et qui ne sont pas tout à fait semblables pour des yeux différents. Mais, en dépit de cette perfection relative de nos connaissances, ce point de doctrine est resté une pierre d'achoppement pour beaucoup d'ophthalmologistes. Dans nos livres, on ne saurait le nier, il règne à cet égard, et surtout au sujet de ce qu'on appelle le mouvement de roue, une certaine confusion, et dans l'enseignement, on voit les efforts les plus consciencieux pour donner une idée claire du mécanisme en question, échouer auprès d'un grand nombre d'auditeurs.

A diverses reprises, on a essayé de venir en aide à la faculté de représentation, au moyen de certains instruments qu'on a appelés ophthalmotropes. D'une manière générale, ces appareils ont pour but de rendre visible l'action des muscles de l'œil. Mais, ce qui importe avant tout, c'est qu'on se fasse une idée exacte des mouvements eux-mêmes. C'est en cela que paraît résider la difficulté principale pour la plupart des personnes. Une fois qu'elles se rendent nettement compte des mouvements, elles

reconnaissent sans peine quels sont, dans la production de ces mouvements, les muscles qui se raccourcissent activement, et quels sont ceux qui s'allongent d'une manière passive. Pour ce motif, il m'a semblé utile de construire un instrument qui rendît sensibles, en premier lieu, les mouvements. On pourrait le distinguer des ophthalmotropes déjà connus, par le nom de phénophthalmotrope (de φαίνω rendre visible, ὄφθαλμος œil et τρόπη action de tourner). Pour faire comprendre ses usages, nous passerons en revue les mouvements de l'œil, en les rattachant à la description de l'instrument.

Il fut un temps où l'on partait des muscles de l'œil, pour chercher à remonter de ceux-ci aux mouvements du globe oculaire. Les quatre muscles droits de l'œil étaient alors regardés comme suffisants pour donner toutes les directions voulues à la ligne de fixation, passant par le point de rotation et le point de mire dans l'espace, et l'on croyait que de cette manière toutes les conditions du problème étaient satisfaites. Il fallait donc trouver une autre fonction aux muscles obliques de l'œil. Au lieu d'une, on en découvrit deux. La cause du pouvoir d'accommodation n'était pas connue: on se demanda si les muscles obliques de l'œil ne seraient pas capables, par pression sur le globe oculaire, d'allonger l'axe visuel et de pourvoir ainsi à l'accommodation. Sans preuve aucune, on se contenta de cette solution réciproque de deux inconnues. Dans l'effet supposé, les muscles agissaient de concert. Mais on sut aussi assigner une tâche à leur action isolée. De la direction des muscles obliques on conclut qu'ils devaient être en état de faire tourner l'œil autour de l'axe optique, et, effectivement, M. Hueck crut avoir reconnu une pareille rotation pendant les mouvements d'inclination latérale de la tête: jusqu'à concurrence de 25 à 28°, l'inclination de la tête serait compensée, de chaque côté, par une rotation autour de l'axe optique, de sorte que les méridiens verticaux ne cesseraient pas de rester verticaux. Le premier rôle attribué aux muscles obliques de l'œil tomba de lui-même avec la découverte de la cause de l'accommodation, et la rotation autour de l'axe visuel ne put

se soutenir en présence du fait, facile à constater, qu'en inclinant la tête sur le côté, les images consécutives formées sur la rétine se déplacent dans la même direction et, certainement, à à peu près de la même quantité. L'idée heureuse de consulter les images consécutives pour se rendre compte de la position de l'œil, est due à M. Ruete, qui sut également assigner bientôt leur signification véritable aux muscles obliques. Il trouva, en effet, que le méridien vertical conserve sa position verticale, tant lorsque l'œil, tournant autour de l'axe transversal, se dirige directement en haut ou en bas, que lorsque, tournant autour de l'axe vertical, il se meut à droite ou à gauche dans un plan horizontal; mais qu'au contraire, quand l'œil se dirige en haut de côté, le méridien vertical s'incline de ce même côté, tandis que si l'œil se porte en bas de côté, ce méridien penche du côté opposé. Or, il est clair que si, en regardant directement en haut ou en bas, les seuls muscles actifs étaient les muscles droits supérieur et inférieur, dont la direction fait un angle d'environ 20° avec l'axe optique, le méridien prendrait une position oblique, et que cette obliquité ne peut être compensée que par le concours du muscle oblique inférieur avec le droit supérieur et du muscle oblique supérieur avec le droit inférieur. Dans l'un et dans l'autre cas, deux muscles agissent de concert et se soutiennent mutuellement sur l'axe transversal, tandis qu'ils se neutralisent sur l'axe visuel, et ce n'est que de cette manière que le méridien vertical peut garder sa position verticale quand les lignes de fixation se dirigent droit en haut ou droit en bas.

Dans cette méthode, comme on le voit, on commença par déterminer le mouvement de l'œil, pour en déduire ensuite l'action des muscles. C'est là, ainsi que je l'ai fait remarquer, la seule voie pouvant conduire à dévoiler le mécanisme d'un mouvement. Permis à l'anatomiste de se demander, en faisant la description d'un muscle, quel mouvement résulterait de la contraction de ce muscle s'il se présentait réellement isolé; — la tâche du physiologiste est d'étudier les mouvements eux-mêmes, pour rechercher ensuite quels sont, dans le nouvel état d'équilibre, les

muscles allongés ou raccourcis, et à quelle tension ils se trouvent soumis. M. Hueck avait cru s'être assuré de l'existence du mouvement de roue, dans l'inclination latérale de la tête, par le changement de direction des vaisseaux visibles de la conjonctive. A cela j'objectai que, dans les expériences de M. Hueck, les lignes de fixation, pour continuer à se porter sur un même point rapproché de l'observateur, devaient changer de direction par rapport à la tête, et que l'inclination qui en résultait pour les méridiens verticaux pouvait simuler un mouvement de roue. Une expérience qui me semble tout à fait décisive, est celle où l'œil se contemple lui-même dans un petit miroir tenu entre les dents, et voit alors, à chaque mouvement de la tête, les vaisseaux de la conjonctive et les points visibles de l'iris conserver invariablement la même position par rapport aux paupières, aux angles de l'œil et aux lignes du visage. Je reconnus en outre, en faisant usage des images consécutives d'un ruban vertical, que, pour chaque direction déterminée de la ligne de fixation, relativement à la tête en position verticale, et quels que fussent les détours employés pour arriver à cette direction, la situation du méridien vertical, et par conséquent celle de l'œil tout entier, restait invariablement la même.

La loi ainsi trouvée est formulée par M. Helmholtz, qui lui donne le nom de loi de Donders, de la manière suivante: „L'angle du mouvement de roue de chaque œil n'est, en cas de parallélisme des lignes visuelles, fonction que de l'angle ascensionnel et de l'angle de déplacement latéral."

On voit que M. Helmholtz, pour déterminer la position de l'œil, introduit un angle de mouvement de roue. Plus loin nous reconnaîtrons ce que M. Helmholtz entend par cette expression. Quant à moi, je crus devoir l'éviter, parce que le mouvement de roue ne me paraissait pas démontré, — et, en effet, d'après la loi de Listing, il ne peut être question d'un véritable mouvement de ce genre dans le passage de la position primaire à une position secondaire, quelle que soit celle-ci. Il me sembla que par l'inclinaison du méridien vertical primitif, dans la situation

normale de la tête, la position de l'œil était déterminée tout aussi bien, et en accord avec la direction des images consécutives. Dans mon Mémoire, j'arrivai à la conclusion que les méridiens verticaux s'inclinent d'autant plus que, pour une même élévation ou un même abaissement, le regard se porte plus de côté, et aussi d'autant plus que, pour une même déviation latérale, le regard se meut davantage vers le haut ou vers le bas. Plus tard j'exécutai, d'après une méthode que j'avais développée dans mon Mémoire [1]), un grand nombre de mesures de l'écart de la position verticale, tel qu'il correspond à chaque direction de la ligne de fixation; mais, comme je ne réussis pas à ramener ces écarts à une loi déterminée, cette seconde partie de mon travail ne fut pas publiée. D'autres ne furent pas plus heureux que moi dans leurs tentatives. C'est par une voie différente que la vérité se fit jour: une loi fut énoncée à priori; il ne fut pas difficile de la soumettre au contrôle de l'expérience, et il se trouva heureusement qu'elle résistait à cette épreuve.

Le principe posé hypothétiquement par M. Listing [2]) s'énonce ainsi: „Lorsque l'œil passe de la position normale (primaire) à une position secondaire quelconque, on peut se représenter ce changement de position comme le résultat d'une rotation autour d'un axe déterminé, lequel, passant par le centre de l'œil, serait toujours à la fois perpendiculaire à la direction primaire et à la direction secondaire de l'axe optique; par conséquent, chaque position secondaire se trouve par rapport à la position primaire dans la relation *en vertu de laquelle la rotation projetée sur l'axe optique est* $= 0$."

M. Meissner trouva les résultats de ses recherches conformes à cette loi; mais c'est de nouveau à M. Helmholtz que nous devons l'expérience simple par laquelle chacun peut se convaincre de l'exactitude du principe. Cette expérience repose sur l'emploi

---

[1]) *Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften*, 1846, T. I, p. 135.

[2]) Communiqué d'abord par M. Ruete, *Lehrbuch der Ophthalmologie*, 2e édit., Braunschweig, 1853, T. I, p. 36.

des images consécutives. Nous avons vu plus haut que l'image consécutive d'un ruban vertical reste verticale lorsque, la tête conservant la position normale, nous élevons et abaissons le regard dans un plan vertical, c'est-à-dire, dans la direction du ruban. Or ceci est vrai, non-seulement d'un ruban vertical, mais aussi d'un ruban ayant une autre direction quelconque: il suffit qu'on fasse mouvoir l'œil de telle sorte, que la ligne de fixation et le ruban tendu se trouvent dans le même plan. En traçant sur un mur des rayons, partant d'un centre autour duquel peut tourner un ruban de couleur claire, on pourra faire coïncider celui-ci successivement avec chacun des rayons: après avoir fixé le ruban de l'œil, dans la position verticale de la tête, on verra alors, chaque fois, l'image consécutive suivre le rayon lorsque le regard se meut suivant sa direction, tandis que, si le regard se promène le long d'un autre rayon, l'image s'en écartera constamment. Ce résultat implique l'exactitude de la loi de Listing. L'expérience montre en effet, que le méridien dans lequel est situé le ruban conserve sa direction quand la ligne de fixation se meut dans le plan de ce méridien. Ce méridien tourne donc, dans ce cas, autour d'un axe qui le coupe perpendiculairement, savoir, au centre de rotation lui-même. En d'autres termes, l'œil, en passant de la position primaire à la position secondaire, tourne autour d'un axe perpendiculaire au plan qui comprend les lignes de fixation primaire et secondaire: c'est là la loi de Listing.

C'est cette loi qu'il faut maintenant, en premier lieu, rendre sensible par le phénophthalmotrope.

Dans cet instrument (Pl. III, fig. 1, vu de côté, en perspective), le globe oculaire O tourne avec l'anneau R R (dont il sera question plus loin) dans l'anneau R′; dans la position figurée, l'axe autour duquel se fait cette rotation est horizontal et montre une de ses extrémités en *a′*. La ligne de fixation se meut donc dans un plan vertical, en s'élevant ou s'abaissant. L'axe *a′* porte un petit disque circulaire pourvu d'un arc gradué *g′*; l'index *i′*, qui dans la figure marque 0°, est fixé sur l'anneau R′ par deux

vis *s*, *s'*. Lorsque le globe oculaire tourne autour de l'axe *a'*, on peut donc lire sur *g'* la valeur angulaire de cette rotation.

Dans l'anneau *r*, placé en avant du globe occulaire, peuvent être vissées deux tiges minces *k k*; elles sont mobiles avec l'anneau *r* autour de la ligne de fixation, et l'index *i*° indique sur le limbe divisé *g*° de combien elles ont tourné. Dans la position que l'instrument occupe ici, la direction verticale des tiges correspond à 0°. Ces tiges représentent le méridien vertical. Quand l'œil tourne autour de l'axe transversal *a'*, le méridien conserve sa position verticale. Ainsi la ligne de fixation se meut dans un plan vertical, quand l'œil se porte directement en haut ou directement en bas. Cela ne demande aucune autre explication.

On peut maintenant donner à l'instrument une position différente. Dans la figure 1, la poignée S, qui est assujettie à l'anneau R', est placée tout en haut. Mais, à l'aide de cette poignée, on peut donner à l'anneau R' toute autre direction dans le plan vertical de l'anneau R''. L'index *i''* marque alors sur le bord gradué *g''* la quantité de cette rotation, laquelle, dans la fig. 2, s'élève à 45°. Il est clair que l'axe *a' a'* est entraîné dans le mouvement de l'anneau R'; la figure 2 montre le phénophthalmotrope après que ce mouvement a eu lieu, et lorsque, en outre, l'œil a déjà tourné autour de l'axe *a' a'* dans sa nouvelle position. Avant cette rotation, les tiges *k k*, qui avaient suivi l'inclination de la poignée S, ont été placées de nouveau verticalement, ce qui a eu pour effet de faire marquer à l'index *i*° le meme nombre de degrés que marquait l'index *i''*. La position des tiges représente celle du méridien vertical de l'œil. L'œil peut donc être considéré comme s'il n'avait pas été tourné, à l'aide de la poignée S, dans l'anneau extérieur: tout se passe comme si l'œil vivant, resté dans la position primaire, se disposait seulement à regarder obliquement en haut ou obliquement en bas. Dans la figure 2, comme il a été dit, ce mouvement est déjà exécuté, et, par suite de la rotation autour de l'axe *a' a'*, la ligne de fixation s'est dirigée à droite et en haut. La quantité dont elle a tourné autour de cet axe est de nouveau marquée

par l'index i', et s'élève, dans la figure 2, à 45°. Dans le cas que nous avons choisi pour exemple, l'œil a donc tourné de 45° vers le haut, autour d'un axe $a'\,a'$ incliné de 45° sur l'axe horizontal. En tournant la poignée S, on peut donner à cet axe $a'\,a'$ toutes les inclinaisons qu'on désire et, par suite, faire mouvoir la ligne de fixation, de sa position primaire, dans toutes les directions, toujours autour d'axes invariablement situés dans le plan de l'anneau R″, lequel coïncide à peu près avec l'équateur de l'œil [1]). Telle est l'illustration de la loi de Listing.

En partant de la position primaire, qu'on établit chaque fois de nouveau en plaçant les tiges verticalement, nous faisons toujours mouvoir la ligne de fixation de telle sorte qu'elle se rapproche ou s'éloigne directement de la poignée S, laquelle reste par conséquent, avec les positions primaire et secondaire de la ligne de fixation, dans le méridien qui, durant cette rotation, conserve invariablement sa situation primitive. Les images consécutives de lignes situées dans ce méridien doivent donc aussi, évidemment, rester en coïncidence, pendant la rotation, avec les images directes d'objets placés dans ce même méridien. C'est ainsi que le phénophthalmotrope éclaire la démonstration donnée par M. Helmholtz de l'exactitude de la loi de Listing. Si nous avions laissé aux tiges la direction de la poignée, elles seraient restées, durant la rotation, dans le méridien immobile.

Mais le méridien vertical, est-il aussi resté vertical pendant cette rotation? C'est précisément pour pouvoir en juger que nous avons mis, avant la rotation, les tiges dans la position verticale; or, le résultat de l'expérience montre que ce méridien a réellement cessé d'être vertical, qu'il incline visiblement du côté droit, — tout comme l'image accidentelle d'un ruban vertical, lorsque nous regardons en haut à droite. Le phénophthalmotrope nous permet donc encore de retrouver le changement de position

---

[1]) Le centre du mouvement (le point de rotation) est situé un peu en arrière du centre de l'œil; l'anneau R′ se trouve donc un peu derrière l'équateur, dans un plan parallèle à celui-ci.

du méridien vertical, tel qu'on l'avait constaté par l'observation des images consécutives.

Il est facile, en outre, d'évaluer en degrés l'inclinaison qu'a prise le méridien vertical: pour cela, on n'a qu'à chercher de combien de degrés se déplace l'index i°, lorsque les tiges $k\,k$ sont ramenées dans un seul et même plan vertical avec la ligne de fixation. Cette opération peut s'exécuter avec précision, en munissant d'un réticule le canal axial du globe oculaire, puis visant par ce canal un fil vertical suspendu, avec lequel on fait coïncider les tiges.

Pour arriver, dans ces expériences, à bien se rendre compte du mouvement de son propre organe, il est bon de placer l'un ou l'autre de ses yeux directement derrière le phénophthalmotrope, après avoir préalablement disposé celui-ci à la hauteur convenable. Il est aisé alors de suivre tous les mouvements, de se représenter clairement les positions correspondantes de l'axe de rotation, et de saisir les rapports entre ces mouvements et les expériences relatives aux images consécutives.

Rappelons encore une fois, que tous les axes autour desquels l'œil tourne, lorsqu'il passe de la position primaire à la position secondaire, s'obtiennent par la rotation de l'anneau R′ dans R″, et que tous par conséquent sont situés dans l'équateur. Tous ces axes sont donc perpendiculaires à la ligne de fixation; par suite, il ne peut être question ici d'une rotation autour de la ligne de fixation, d'un mouvement de roue. C'est, comme l'exprime la formule donnée par M. Ruete à la loi de Listing: „une relation en vertu de laquelle la rotation projetée sur l'axe optique est $= 0$."

On doit donc se demander: en quel sens M. Helmholtz parle-t-il ici de mouvement de roue? Or, cette question aussi est parfaitement élucidée par le phénophthalmotrope. M. Helmholtz part, dans l'analyse des mouvements oculaires, d'un plan fixe situé dans l'œil, l'*horizon rétinien*, lequel, pour la position normale de la tête, coïncide avec le plan de fixation dirigé sur l'horizon infiniment éloigné: c'est donc le méridien horizontal du phénophthalmotrope, lorsque tous les index sont pointés sur 0° (fig. 1).

La direction que la ligne de fixation a obtenue en réalité par rotation autour d'un axe oblique (l'axe *a' a'* dans la fig. 2), M. Helmholtz la fait résulter — le point de départ étant la position primaire — de deux rotations différentes, réalisables toutes les deux dans le phénophthalmotrope, savoir: 1°. une rotation autour de l'axe transversal *a' a'* (angle ascensionnel de M. Helmholtz) par laquelle la ligne visuelle est portée en haut ou en bas, 2°. une rotation autour de l'axe *a a* (angle de déplacement latéral de M. Helmholtz) par laquelle la ligne visuelle est dirigée de côté. Ce second axe *a a* se trouve sur l'anneau R, et l'angle latéral se lit sur le limbe gradué *g*, de même que l'angle ascensionnel sur le limbe *g'*: remarquons que l'axe *a a*, qui est perpendiculaire à l'horizon rétinien, change de direction avec cet horizon lors de la rotation préalable autour de l'axe *a' a'*, mais en restant toujours dans le même plan vertical. Lorsque maintenant, par rotation autour des axes *a a* et *a' a'*, on a donné à la ligne de fixation une direction identique à celle qui, dans la figure 2, a été obtenue, suivant la loi de Listing, par rotation autour de l'axe *a' a'*, incliné de 45°, on trouve que le méridien vertical a pris une inclinaison différente. Il penche encore plus vers le côté droit. Pour arriver à la position que l'œil, en tournant d'après la loi de Listing, prend effectivement, il faut donc ajouter encore un troisième mouvement, savoir, une rotation autour de l'axe visuel, un mouvement de roue, — de droite à gauche dans le cas supposé.

Cette analyse détermine rigoureusement la position des yeux et des lignes de fixation par rapport à la tête, et elle se prête très bien à l'application du calcul. Mais on doit la considérer comme une fiction mathématique, non comme une réalité physiologique. Dans la rotation autour d'un axe oblique, selon la loi de Listing (fig. 2), il n'y a pas plus de mouvement de roue, c'est-à-dire de rotation autour de l'axe de fixation, que dans les rotations successives autour des axes *a a* et *a' a'* (en partant de la position représentée fig. 1): toutes ces rotations, en effet, s'exécutent autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de fixation.

Nous n'avons à admettre un mouvement de roue que dans les cas où l'œil s'écarte des lois de Donders et de Listing.

Du reste, le phénophthalmotrope nous permet de rendre visible et de mesurer en degrés, pour chaque position, le mouvement de roue, au sens qu'y attache M. Helmholtz. En faisant tourner la poignée S, on donnera à l'axe *a' a'* une direction quelconque (marquée sur *g''*), puis on placera *k k* verticalement et on imprimera à l'œil une rotation arbitraire autour de *a' a'* (marquée sur *g'*). On déterminera alors (V. page 63) de combien de degrés le méridien vertical s'est incliné à droite ou à gauche par suite de cette rotation conforme à la loi de Listing, et, visant par le canal axial, on notera le point de l'espace sur lequel la ligne de fixation se trouve dirigée. Ensuite, on ramènera l'œil dans la position primaire, la poignée placée tout en haut, et l'axe *a' a'* par conséquent horizontal; on rendra la ligne *k k* de nouveau verticale, puis, visant par le canal axial et faisant tourner à la fois autour des axes *a a* et *a' a'*, on dirigera la ligne de fixation sur le même point de l'espace auquel elle répondait dans l'expérience précédente. On s'apercevra immédiatement que *k k* s'est éloignée de la position verticale plus que dans le premier cas, et on déterminera de nouveau l'inclinaison, en ramenant dans le plan vertical et prenant l'indication du cadran *g°*. La différence d'inclinaison, qu'on aura trouvée ainsi entre les deux cas, est le mouvement de roue de M. Helmholtz: les chiffres s'accordent avec ceux du tableau donné par ce savant [1]). Ceci éclaircit en outre un point qui était resté obscur aux yeux de beaucoup de personnes, savoir, comment M. Helmholtz pouvait parler, par exemple, d'un mouvement de roue de droite à gauche lorsqu'on fixe à droite en haut, bien que, dans ce cas, le méridien vertical s'incline à droite, ainsi que le prouve l'observation de l'image consécutive; c'est que, comme nous l'apprend la comparaison des deux expériences décrites ci-dessus, le méridien vertical aurait pris une inclinaison à droite encore plus considérable,

---

[1]) *Physiologische Optik*, p. 467.

si la direction secondaire de l'axe de fixation avait été obtenue par rotation autour des seuls axes *a a* et *a' a'*.

Nous avons maintenant encore à examiner comment M. Helmholtz détermina directement, à l'aide des images consécutives, le mouvement de roue qu'il introduisait dans son analyse du phénomène. La signification et la légitimité de cette analyse ressortiront alors d'une manière encore plus évidente.

M. Helmholtz part, comme nous l'avons déjà dit, d'un plan fixe dans l'œil, l'horizon rétinien. Un ruban horizontal, tendu dans ce même plan sur une paroi verticale, forme son image rétinienne dans cet horizon. Quand l'horizon rétinien pivote autour de l'axe *a' a'*, il continue à couper la paroi suivant des lignes horizontales, et l'image consécutive, à quelque hauteur qu'elle se transporte, continue par conséquent à coïncider avec des lignes horizontales tracées sur la paroi: le phénophthalmotrope met cela immédiatement en évidence, lorsqu'on a tourné l'anneau *r* de manière à donner aux tiges *k' k'* une direction horizontale. Mais que l'on fasse pivoter maintenant autour de l'axe *a a* (angle de déplacement latéral): les tiges *k' k'* abandonnent alors la position horizontale (si l'angle ascensionnel pouvait atteindre 90°, elles tourneraient même dans un plan vertical, de manière à s'écarter d'un degré entier de la direction horizontale pour chaque degré de rotation); mais, en regardant par le canal axial, on reconnaît que, projetées sur la paroi, elles continuent à coïncider parfaitement avee les lignes horizontales qui y sont tracées. Cela provient de ce que, dans la rotation autour de *a a*, l'horizon rétinien reste exactement dans le même plan, vu qu'il est perpendiculaire à *a a*; il doit donc continuer à passer par le prolongement de la ligne horizontale, qui est aussi située dans ce même plan. Le phénophthalmotrope nous fait voir cela très clairement. Mais, d'un autre côté, on trouve que l'image consécutive d'un ruban horizontal ne continue pas, quand le regard se porte latéralement vers le haut ou vers le bas, à coïncider avec des lignes horizontales tracées sur la paroi; par rapport à celles-ci, l'horizon rétinien, quand on regarde vers le haut, a tourné en sens opposé.

Il y a donc eu, dit M. Helmholtz, un mouvement de roue en sens opposé, et c'est là précisément le mouvement de roue que son analyse demande.

Il est facile en effet de se convaincre que si, lorsqu'on regarde obliquement en haut, l'image consécutive d'un ruban vertical s'écarte du même côté par rapport à des lignes verticales, l'image consécutive d'un ruban horizontal dévie au contraire en sens opposé par rapport à des lignes horizontales. Les deux lignes pleines perpendiculaires entre elles *c v* et *c h* (fig. 1), qui représentent deux rubans de couleur claire tendus sur la paroi, étant fixées par l'œil dans la position primaire au point *c*, compris dans l'horizon rétinien, montrent, lorsqu'on les projette à droite en haut, leurs images consécutives dans la direction des deux lignes pointillées *c v'* et *c h'*: dans ce mouvement ascensionnel de l'œil, l'image consécutive du ruban vertical a donc dévié du même côté; celle du ruban horizontal, du côté opposé. Il n'est pas nécessaire de chercher beaucoup pour trouver l'explication de ce fait. Une ligne verticale coïncide avec toute autre ligne verticale sur laquelle on la projette, quelle que soit d'ailleurs la place que ces deux lignes occupent l'une par rapport à l'autre ou par rapport à l'œil. Mais, pour les lignes horizontales, il en est tout autrement: une ligne horizontale, qui s'éloigne de nous, est vue montante quand elle est située plus haut que notre œil, descendante, quand elle est située plus bas. Dans une projection du champ visuel, — chaque dessin, chaque photographie peut nous l'apprendre, — toutes les lignes verticales restent verticales, et toutes les lignes horizontales prennent une inclinaison, dépendante de la direction et de la hauteur que les lignes affectent dans l'espace, relativement à l'œil. D'après cela, une ligne horizontale, tracée à un niveau supérieur à celui de notre œil, sur une paroi verticale et parallèle au plan de notre visage, est vue descendante, et c'est par

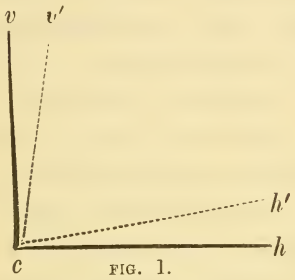


FIG. 1.

rapport à cette projection que l'image consécutive d'une ligne horizontale, qui avait été vue dans le plan de la position primaire et par conséquent non descendante, montre une déviation de h en h', fig. 1, — opposée à celle qui déplace de v en v' l'image consécutive d'un ruban vertical. Qu'on projette l'image consécutive d'une ligne horizontale sur une surface telle que tous les points d'une ligne horizontale s'y trouvent placés à la même distance de l'œil, et la différence de déviation des images consécutives horizontales et verticales aura disparu. Cette condition serait remplie dans tous les cas, si l'œil était situé au centre d'une sphère ou sur l'axe d'une chambre de forme cylindrique, et s'il projetait sur la paroi de cette sphère ou de cette chambre [1]). Mais il suffit déjà que le plan vertical, dans lequel se trouve la ligne visuelle lors de la projection, soit perpendiculaire à la paroi. Donc, si l'on a deux parois verticales, dont w et w' (fig. 2) soient les sections, et si l'œil o, dans sa position primaire, fixe sur la paroi w le point de croisement c des rubans v et h, la projection des images consécutives sur la paroi w', perpendiculaire au plan qui passe par la ligne de fixation $o\,w'$, montrera ces images déviées toutes les deux dans le même sens (fig. 3). Et si l'on se trouve dans une chambre carrée, de sorte que l'angle x soit un angle droit, la projection sur w', au voisinage de l'angle x, donnera à h une déviation non-seulement de même sens, mais encore plus grande que celle de v, parce que des lignes horizontales, tracées sur w', se rapprochent de l'œil à partir de l'angle x. L'expérience est très frappante lorsque l'image consécutive d'un assez long ru-

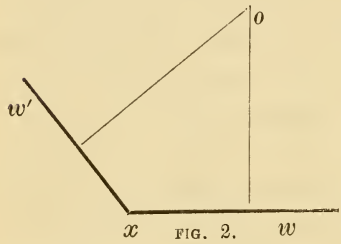


FIG. 2.

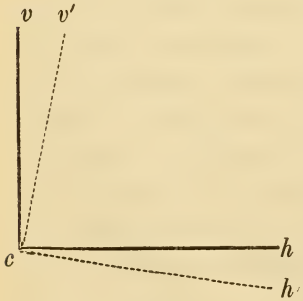


FIG. 3.

[1]) Les génératrices et les lignes horizontales d'un cylindre, dont l'axe passe par le centre d'une sphère, coïncident, vues de ce centre, avec les méridiens et les parallèles de la sphère

ban horizontal, dont l'œil a fixé le milieu dans la position primaire, est projetée, dans une pareille chambre carrée, sur l'angle x, de façon qu'elle tombe en partie sur w et en partie sur w' : en w l'image consécutive s'élève alors relativement à la ligne horizontale, tandis qu'en w' elle s'abaisse fortement.

Ce que les images consécutives viennent de nous montrer, on peut l'imiter facilement à l'aide du phénophthalmotrope. Les expériences peuvent se faire, soit séparément avec des tiges verticales $k\,k$ et avec des tiges horizontales $k'\,k'$, soit simultanément, en vissant des tiges égales en u et u', d'où résulte une croix (comme dans la fig. 2), ou en se bornant à deux tiges $k\,k'$, placées à angle droit l'une par rapport à l'autre. Si on regarde alors par le canal axial, on voit ces tiges se projeter, sur une paroi quelconque, dans la même direction où s'y montrent les images consécutives.

Le lecteur aura sans doute reconnu que, pour se représenter les mouvements de l'œil, on peut à volonté partir, avec M. Helmholtz, de l'horizon rétinien, ou, avec moi, du méridien vertical. Le méridien vertical me semble préférable en ce sens que, toutes les lignes verticales se projetant rigoureusement l'une sur l'autre, quelle que soit leur situation par rapport à l'œil, il rend peut-être la représentation plus simple et plus facile.

J'ai encore à ajouter quelques détails au sujet du phénophthalmotrope considéré comme instrument. Il est exécuté [1]) en grand et en petit modèle; le premier convient particulièrement pour les démonstrations.

Tout l'instrument est en cuivre; dans le petit modèle seulement, le globe oculaire proprement dit est fait de bois de buis. Il est soutenu sur une colonne en cuivre D, qu'un tirage permet d'allonger ou de raccourcir, pour amener l'appareil à la hauteur de l'œil de l'observateur, quand on veut regarder par le canal axial; le tout repose sur un large pied. A la place du canal axial, on peut adapter en avant une lentille et en arrière un

[1]) Par M. Olland, mécanicien à Utrecht.

verre dépoli, sur lequel est dessiné une croix; on peut alors comparer avec cette croix la position des images dioptriques que forment sur le verre dépoli des lignes verticales et horizontales vues dans diverses directions.

On construit aussi des phénophthalmotropes plus simples, auxquels manque la rotation autour de l'axe *a a*, de sorte qu'ils reproduisent seulement les mouvements d'après la loi de Listing, mais non l'analyse de ces mouvements d'après Helmholtz. Cette simplification offre l'avantage que le globe oculaire devient alors mobile, dans l'anneau interne R, autour de l'axe de fixation; on peut donc, après avoir fait tourner la poignée S, ramener toujours dans la position verticale un seul et même méridien fixe du globe oculaire, ce qui permet d'assigner aussi, sur ce globe, des points d'insertion fixes aux muscles. Cela peut servir, en cas de besoin, à mieux se représenter, pour chaque position de l'œil, la situation des muscles et, par suite, la part qu'ils ont prise au mouvement.

Le phénophthalmotrope donne les mouvements tels qu'ils résultent des lois de Donders et de Listing. Mais, comme nous l'avons déjà fait remarquer en commençant, l'œil n'obéit pas à ces lois d'une manière parfaite.

En premier lieu, il est connu que, même dans la position primaire, les images de lignes verticales, formées sur les deux rétines, ne sont pas projetées au dehors exactement l'une sur l'autre; d'où il suit que, dans cette position, les méridiens verticaux ne coupent pas les deux rétines en des points rigoureusement correspondants. On n'a pas besoin d'appareils compliqués pour se convaincre de ce fait. Il suffit d'un prisme, qu'on tient, l'angle tourné en haut, devant l'un des deux yeux: une ligne verticale montre alors un léger coude au point où la vision par l'un des yeux passe à la vision par l'autre. Mais il n'est pas même nécessaire de recourir à un prisme. Quand les yeux se fixent dans la position primaire sur un fil vertical, même suspendu à une grande distance, on remarque très distinctement que vers le haut et vers le bas il se sépare en images doubles. Si alors, les

yeux étant tenus constamment ouverts, on fait glisser un petit écran noir (au besoin, la main) alternativement devant l'un et devant l'autre œil, on constate que les images inclinent l'une vers l'autre. En alternant avec prestesse, et jetant aussi de temps en temps un rapide coup d'œil avec les deux yeux à la fois, on obtient facilement que l'œil caché derrière l'écran reste bien fixé, de manière qu'il n'ait pas à se déplacer latéralement au moment où on le découvre, ce qui rendrait le jugement moins net. Cette difficulté est levée complétement si, les deux yeux étant fixés sur le fil, on se borne à en couvrir un seul; bien que l'effet soit alors moitié moindre qu'en interceptant alternativement la vue des deux yeux, on voit clairement le fil incliner un peu vers le côté opposé, — et cette apparence, une fois produite, ne se dissipe même pas très facilement. Dans la vision binoculaire, nous combinons en une image verticale les deux images également inclinées l'une vers l'autre. Pour cette raison, les expériences concernant les images consécutives, bien que pouvant se faire binoculairement, rèussissent pourtant mieux, surtout en cas de convergence, lorsqu'un des yeux est tenu couvert. Par l'effet de cette convergence, ainsi que MM. Meissner et Volkmann l'ont fait voir, l'inclaison réciproque des images verticales s'accuse davantage: c'est là une première dérogation aux lois générales. En outre, comme nous l'a appris M. Helmholtz, ces lois ne sont pas rigoureusement applicables aux limites extrêmes du champ de fixation, où les irrégularités ne manquent pas. Enfin, dernièrement, M. Javal a observé chez des astigmatiques, en cas d'inclination latérale de la tête, une petite rotation autour de l'axe visuel „de sorte que," comme s'exprime M. Helmholtz, „la position de l'œil n'est pas indépendante de celle de la tête aussi rigoureusement que l'affirme la loi de Donders [1]."

---

[1]) Voyez: Helmholtz, *Optique physiologique*, p. 671, Paris, 1867, trad. par E. Javal et N. W. Klein. En un autre endroit (Astigmatisme. Voyez Wecker, *Traité théorique et pratique des maladies des yeux*, T. II, p. 828, Paris, 1869),

Toutes ces anomalies doivent trouver leur solution et leur explication dans le problème si compliqué de la transformation de nos impressions en perceptions dans la vision binoculaire.

Il a encore été reconnu que la myopie, — laquelle constitue, il est vrai, une condition pathologique de l'œil, — amène sous le rapport des lois dont nous traitons, comme sous beaucoup d'autres rapports, de petites déviations, qui méritent toute notre attention, surtout au point de vue de l'accommodation des organes à l'usage que les nécessités leur imposent.

Pour finir, encore un mot sur l'étude des mouvements de l'œil en cas de troubles paralytiques des muscles. Nous mettons ici le pied sur un terrain où l'esprit créateur de M. Albert de Graefe [1]) s'est exercé de préférence et où il a laissé peu de chose à faire à ses successeurs. Des anomalies du mouvement et de la position des images doubles, observées rigoureusement et analysées avec sagacité, M. de Graefe a su déduire le diagnostic, — déterminer avec précision la nature et le degré de chaque trouble. Dans les cas ordinaires, ces méthodes d'examen atteignent parfaitement leur but. Mais il y a deux circonstances où elles nous laissent plus ou moins en défaut. L'une se présente quand les phénomènes paralytiques affectent les deux yeux à la fois, ce qui n'est pas extrêmement rare; l'autre, quand un seul œil a conservé sa faculté visuelle. Dans le dernier cas, la comparaison d'images doubles nous échappe d'elle-même; dans le premier, la complication des phénomènes en rend l'analyse difficile, sinon impossible. Or, dans ces cas, je crois pouvoir recommander

---

M. Javal, se fondant sur l'observation d'une légère torsion, a cru devoir ressusciter la théorie de Hueck; je dois lui rappeler que, d'après cette théorie, les méridiens verticaux conserveraient invariablement leur direction jusqu'à une inclinaison de 25° à 28°, la torsion donnant lieu à une compensation parfaite; je l'engagerai, en outre, à vouloir bien se donner la peine de répéter les expériences qui, il y a nombre d'années déjà, ont amené la chute de cette théorie (*Holländische Beiträge*, 1846, p. 105 et suiv., et surtout p. 334).

[1]) Voir ses mémoires classiques dans l'*Archiv für Ophthalmologie*, et sa *Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen*, Berlin, 1867.

l'étude des images consécutives, étude qui, du reste, n'est jamais à négliger. C'est particulièrement l'expérience décrite ci-dessus (p. 59), par laquelle M. Helmholtz a démontré la loi de Listing, qui mérite d'être prise ici en considération. Si, dans la position normale de la tête, l'image consécutive ne suit pas exactement le ruban tendu, la loi de Listing n'est pas satisfaite : il y a *mouvement de roue*, et le côté vers lequel l'image dévie indique immédiatement le *sens* de ce mouvement. On peut répéter l'expérience pour toutes les directions du ruban, et projeter les images consécutives tant vers le bas que vers le haut, en suivant les directions marquées par des lignes noires. On obtient ainsi une série d'indications qui, combinées avec les désordres que peuvent manifester les mouvements, suffisent amplement à établir le diagnostic.

Il est vrai qu'en cas de paralysie musculaire bilatérale ou de cécité du second œil, les moyens nous manquent de donner à la tête exactement la position qu'exige l'examen des images consécutives. Mais je me suis assuré que la petite erreur qui peut en résulter ne fait aucun tort sensible à la valeur des indications fournies, d'autant moins, que la conclusion ne se déduit pas de la déviation relative à une seule direction du ruban, mais de la comparaison des différentes déviations, suivant différentes directions, qui sont nécessairement liées à l'existence des troubles paralytiques.

NOUVEAUX MATÉRIAUX

POUR SERVIR À LA CONNAISSANCE DES CYCADÉES,

PAR

F. A. W. MIQUEL [1]).

Sixième partie.

REVISION. — CLASSIFICATION.

Cycas.

Lorsque je donnai, dans la première partie de ces Matériaux, une revue du genre Cycas, je n'étais pas à même de comparer quelques espèces décrites par Griffith, vu qu'il m'avait été impossible de me procurer les *Notulae ad Plantas Asiaticas*, publiées à Calcutta. Cela m'ayant enfin réussi tout récemment, je puis aujourd'hui combler la lacune qui était restée dans mon travail.

La compilation, faite avec soin, dont le genre Cycas a été l'objet de la part de M. A. De Candolle (DC. *Prodr. Vol.* XVI), fut exécutée d'une manière tout à fait indépendante de mon travail. Par suite de circonstances particulières, l'auteur avait été obligé de se hâter. On trouvera plus loin l'indication de quelques points de différence entre nos vues respectives. Il faut sans doute attribuer à un *lapsus calami* l'assertion que le rachis des feuilles a une „praefoliatio stricta", que les folioles seules ont la préfoliaison circinale, et que le cône mâle provient d'un bourgeon latéral. Bien que, à l'égard de ce dernier point,

---

[1]) Voyez, *Arch. Néerl.* T. III, p. 403.

il n'existe pas de recherches organogéniques spéciales, la circonstance qu'après la chute du cône mâle le sommet de la plante se ramifie, plaide pourtant en faveur de l'opinion opposée.

En ce qui concerne les espèces, je relèverai ci-dessous quelques inexactitudes de moindre importance.

Les Cycas décrits et figurés par Griffith diffèrent sous beaucoup de rapports des espèces connues jusqu'à présent; j'ai essayé de les caractériser par les diagnoses suivantes:

1. *C. Jenkinsiana* Griff. *Notulae ad Plantas asiaticas* (a°. 1854) p. 9, tab. 360, fig. 1 et 2, et tab. 362, fig. 1 (carpophylla). Truncus saepe ramosus; folia quadripedalia petiolo lateribus spinuloso longo suffulta, foliolis coriaceis linearibus falcatis costâ utrinque prominente; carpophylla brevia (vix 5 poll. longa) rubigineo-tomentosa, laminâ sterili partem reliquam aequante latocordato-triangulari crasse cuspidatâ pectinato-pinnatifidâ, segmentis parti indivisae ½ transverse aequilongis apicibus cum laminae facie interiore glabris; ovulis in superiore carpophylli parte fertili utrinque 1—5 (numero in carpellis exterioribus minori). — Truncus diametro usque tripedali; foliola 7—8 poll. longa, 3½ lin. lata. Semina matura ellipsoidea leviter compressa, 18 lin. longa, 12 et 16 lata, e fusco flavescentia. — Crescit in *Assam inferiore*, circa Gowahatty, ubi detexit Jenkins. — Ab hac specie non diversa videtur:

C. pectinata (Griff.) *l. c.* p. 10, tab. cit. fig. 3, cuius carpophylla fere matura seminibus ideo magnis globoso-ellipsoideis flavescentibus instructa, laminâ sterili iisdem sursum magis repulsâ. An sit diversa ab homonyma supra enumerata, in Horto Calcuttensi culta et ab Hamilton ita dicta, ultro inquiretur. Si conspecifica sit, nomen ab Hamilton datum servari oportet.

2. *C. dilatata* Griff. *l. c.* p. 15. Folia cum petiolo circiter 4 pedes longa, petiolo canaliculato-convexo lateribus spinuloso; foliola 7 — 8 poll. longa, 3½ lin. lata, basi decurrenti-inserta, valde coriacea; carpophylla ferrugineo-tomentosa, laminâ sterili subcordatâ, lateribus pectinatâ, segmentis subulatis subpungen-

tibus viridibus, apice latiore subulato-acuminatâ, parte fertili pauciovulatâ. — Locus natalis non adnotatus.

3. *Cycas macrocarpa* Griff. *l. c.* p. 11 et p. 13; tab. 360: *figura ad sinistrum absque numero;* tab. 362, fig. II. Truncus 10—12-pedalis; folia usque 8-pedalia, petiolo subtetragono angulis lateralibus spinulosis; foliola numerosissima subopposita decurrenti-inserta linearia subfalcata in acumen subpungens sensim attenuata, marginibus ochroleucis recurvata, 10—16 poll. longa, ½ lata; conus masc. breviter pedunculatus 13—14 poll. altus, androphyllis rubiginoso-tomentosis cuneatis, (excepto acumine subulato refracto-arrecto semipollicari) 9 lin. longis, 6 apice latis; carpophylla brunneo-tomentosa elongata gracilia (usque 10—12 poll. longa), laminâ sterili parvâ triangulari basi integrâ caeterum subspinoso-pauci-pectinatâ (segmentis glabris centrali multo maiori), pluri- (usque 8-) ovulata; semina matura ellipsoidea leviter compressa, 2—3 poll. longa. — Prope *Ayer Punnus* et *Tabong* [Malacca], ubi probabiliter plantata.

Observ. *Cycadis species sexta* Griff. *l. c.* p. 16 et prob. tab. 377, absque nomine descripta, in *Mergui* detecta, in littoribus maris umbrosis prope Chedea copiose proveniens, videtur eadem ac *C. Rumphii.*

La valeur de ces espèces, qui du reste paraissent être très caractérisées, ne pourra être jugée que par une comparaison ultérieure avec les échantillons originaux. Ce n'est qu'à l'égard de quelques-unes de ses espèces que Griffith déclare les avoir comparées à d'autres pour fixer les différences. En outre, il faut tenir compte de ce que les descriptions datent d'époques diverses de la vie active de l'auteur, et qu'elles ont tous les caractères de simples annotations préliminaires. — En comparant ses figures de *C. Jenkinsiana* et de *C. pectinata* (sans autorité), il m'a été impossible de saisir une différence entre ces deux espèces. Or il est très probable qu'il a connu le *Cycas pectinata* Ham., et par suite il est permis de supposer que le nom de *Jenkinsiana* n'était

que provisoire. Si Griffith les avait réellement regardées comme des espèces distinctes, il aurait indubitablement fait mention de leur ressemblance prononcée et de la manière dont elles diffèrent. — J'ai décrit précédemment un cône mâle de *C. pectinata* qui m'a été communiqué du jardin botanique de Calcutta. Aussi longtemps toutefois que l'identité du *C. pectinata* Ham. avec le *C. pectinata* des *Notulae* de Griffith, et de celui-ci avec le *C. Jenkinsiana* Griff. ne sera pas démontrée, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est de ne rien changer aux noms actuels.

Je n'ose décider si le *C. circinalis* que Griffith mentionne, *l. c.* p. 2 et 5, est l'espèce véritable, fondée sur les figures de l'*Hortus Malabaricus*, ou bien le *C. Rumphii*, qui porte le nom de *C. circinalis* dans le jardin botanique de Calcutta et dans les ouvrages de Roxburgh. La description du carpophylle, qui se trouve p. 5, ne s'accorde pas avec *C. Rumphii*. C'est avec plus de confiance que je rapporte à cette dernière espèce, d'après la forme du carpophylle, que Griffith décrit clairement, son *Cycas* N°. 6 (*Notulae* p. 16).

De la remarquable espèce sans épines de la Nouvelle-Calédonie, *Cycas Armstrongii* Miq., j'ai reçu de l'établissement de M. van Houtte, à Gand, une feuille qui évidemment a appartenu à une plante plus âgée que la feuille de Kew dont il a été question plus haut; toutes deux proviennent du reste de la même espèce, mais elles diffèrent un peu, par des folioles plus longues, de la feuille rapportée de Port Essington. — La feuille entière (de van Houtte) est longue de plus de 2 pieds; pétiole entièrement dépourvu d'aiguillons, cylindrique-triquètre, d'un vert foncé; folioles conformes à la description donnée précédemment, mais au nombre de 20 à chaque côté, les plus grandes longues de 8 pouces, larges de 5 lignes, les inférieures longues de 5½ pouces.

Encephalartos. — Macrozamia.

Je n'ai que peu de chose à ajouter au sujet des genres *Encephalartos* et *Macrozamia*.

De l'*E. Ghellinckii* Lem. (*Zamia Hort.*), rapporté à l'*E. cy-*

cadifolius, j'ai reçu un exemplaire original, d'un âge peu avancé. Tronc ovoïde, à laine épaisse; cinq feuilles, mesurant en longueur, avec leur court pétiole, 2 pieds, et en largeur 4—2½ pouces; folioles très nombreuses, linéaires-étroites, insérées presque horizontalement, longues de 2—1½ pouces, convexes en dessus, concaves et de couleur pâle en dessous; pétioles et rachis laineux et quadrangulaires-comprimés.

Sous le nom de *Zamia cycadifolia*, M. Verschaffelt a envoyé au jardin botanique d'Utrecht le rare *E. caffer*; feuilles, y compris le pétiole (qui mesure ½—¾ de pied), longues d'environ 2 pieds; folioles au nombre de 50—56 à chaque côté, les moyennes longues de 3 pouces et larges de 3 lignes, du reste répondant sous tous les rapports à la description donnée antérieurement.

Du *Macrozamia Pauli Guilielmi*, M. van Houtte m'a envoyé des feuilles de trois pieds de longueur, comptant 170 folioles à chaque côté; je dois aussi à la bienveillance de MM. Haage et Schmidt d'Erfurt (dans le célèbre établissement desquels cette espèce, introduite d'Australie sous le nom d'*E. villosus*, a fleuri au mois d'octobre 1868) communication d'une figure du cône mâle en fleur. — J'ai reçu encore de M. van Houtte des feuilles du *M. tenuifolia Hort. Kew.*, lesquelles m'inspirent quelques doutes au sujet de la réunion de cette espèce avec le *M. Pauli Gulielmi*.

Zamia. — Ceratozamia.

Le genre *Zamia*, tel qu'il est circonscrit aujourd'hui, forme un groupe très naturel, surtout depuis que M. Brongniart en a séparé le genre *Ceratozamia*. En ce qui concerne les caractères tirés des androphylles, je dois toutefois répéter la remarque déjà faite antérieurement, que, dans aucune espèce, ces androphylles ne sont exactement peltés, mais qu'ils inclinent toujours plus ou moins vers la forme en coin, de sorte qu'il n'existe pas de limite fixe entre le stipe et le pelta. Entre les degrés extrêmes de cette modification il y a un passage continu d'une espèce à l'autre. C'est pour ne pas avoir connu cette circonstance, que

j'avais cru autrefois pouvoir diviser le genre *Zamia* en sections d'après cette différence, et que j'avais proposé comme type d'une de ces sections, *Microcycas*, le *Z. calocoma*, qui à cette époque se trouvait encore très isolé. Mais l'étude d'un plus grand nombre d'espèces me convainquit bientôt que cette classification ne pouvait se soutenir. Dans les *Z. Brongniartii* et *Z. Poeppigiana*, qui du reste diffèrent tant de l'espèce que je viens de citer, on trouve la même tendance à affecter la forme en coin, fait sur lequel M. Grisebach (*Catal. Pl. Cubens.*, p. 217) a encore attiré l'attention tout récemment, et que j'avais déjà signalé dans le *Prodr. Syst. Cycad.*, p. 23. Pour ces raisons, je ne puis en aucune façon suivre M. A. De Candolle, qui reconnaît à cette section *Microcycas* une valeur encore plus grande et qui l'élève (*Prodr.* XVI, p. 538) au rang de genre distinct. J'attribue ce résultat à la circonstance que l'auteur, sur les 26 espèces mentionnées par lui, n'en a vu que 6, et encore seulement en échantillons desséchés et incomplets. — La distribution des espèces en groupes est, dans le genre *Zamia* comme dans tous les genres naturels, chose difficile. M. De Candolle propose deux groupes, nommés l'un *Chigua*, l'autre *Euzamia;* le premier à „peltae masculae heptagonae", (c'est-à-dire à six faces latérales et une face externe, avec stipe large); le second à „peltae superne vix inflatae subconvexae plus minus hexagonae, faciebus lateralibus nullis aut vix distinctis, stipite angusto". Mais cette classification est artificielle, ne fournit pas de ligne de démarcation et repose sur une appréciation morphologique inexacte des androphylles, lesquels, tous construits sur un même modèle, ne subissent que des modifications légères. Et en effet, dans l'application de cette méthode, les espèces les plus disparates se trouvent rapprochées l'une de l'autre, tandis que des espèces analogues sous tous les rapports sont séparées par de grands intervalles.

Entre les genres *Zamia* et *Ceratozamia* il existe une différence plus profonde que ne l'indiquerait le fait seul d'avoir des peltae inermes ou pourvues de deux cornes. Aux caractères que j'avais signalés autrefois, on en ajouté plus tard d'autres, empruntés à

la structure anatomique de la tige et des feuilles, et dont j'ai fait mention plus haut. — Quant au *Lepidozamia* de Regel, dès 1862 je l'avais fait connaître comme espèce de *Macrozamia*, de sorte que ce genre doit être entièrement supprimé.

Dans la détermination des espèces du genre *Zamia* et, l'on peut dire, de toutes les Cycadées, on rencontre des difficultés assez sérieuses. Rarement on est embarrassé de distinguer le genre, même quand il s'agit d'exemplaires stériles. Mais l'espèce ne s'offre ordinairement à nous que dans un seul exemplaire, et des différences d'âge ainsi que des modifications individuelles assez notables viennent compliquer l'appréciation. Il est à noter en effet, que chez les Cycadées les caractères individuels s'accusent tellement, que des pieds de la même espèce, parvenus au même âge, montrent encore des différences manifestes. Des exemplaires complets, avec tige et feuilles, ne se trouvent en général que dans les jardins botaniques, tandis que les exemplaires sauvages ne sont représentés dans les herbiers que par leurs feuilles et, quelquefois seulement, par leurs cônes. Les Cycadées éprouvent aussi des changements frappants par la culture. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à comparer par exemple des pieds différents de *Zamia integrifolia* dans les jardins botaniques. En regardant la figure du *Botanical Magazine* (tab. 1850) comme l'image du type vrai et invariable de l'espèce, on serait conduit à édifier toute une série d'espèces distinctes. Le *Cycas revoluta* existe dans nos jardins avec des pétioles tantôt longs, tantôt courts, avec des folioles longues ou courtes, rapprochées ou distantes, étroites et plus ou moins enroulées ou larges et planes. Les folioles du *Cycas Rumphii* et des espèces voisines deviennent d'autant plus étroites que la température est plus basse. Le *Cycas siamensis* développe dans nos serres des feuilles qui diffèrent, sous une foule de rapports, de celles que portaient les mêmes exemplaires lors de leur introduction de Siam en Europe. Ces variations toutefois ne dépendent pas uniquement des influences extérieures, elles sont aussi en partie individuelles.

Dans quelques groupes ces difficultés se font sentir à un très

haut degré; en ce qui concerne le genre *Zamia*, ce sont les petites espèces à folioles étroites (*angustifolia*, *Yatesii*, *stricta*, etc.), qui, déjà très semblables entre elles, varient considérablement suivant l'âge, la culture, etc. Le nombre des folioles, par exemple, augmente continuellement avec l'âge, et leur longueur ainsi que leurs nervures subissent des changements remarquables. — Des exemplaires reçus récemment de plusieurs jardins belges m'ont permis de faire à ce sujet quelques observations, que je vais faire connaître en même temps que la description d'une espèce nouvelle.

Zamia Yatesii. — Juvenilis sed iam fructifera profert folia petiolis elongatis, laminâ brevi dense foliolatâ, foliolis utrinque v. c. 10; adultior foliis ratione laminae brevius ($\frac{3}{4}$ ped.) petiolatis, lamina longiore ($1\frac{3}{4}$ pedali), foliolis densis vel distantioribus 15—22 utrinque, usque $7\frac{1}{3}$ poll. longis, 2—7 nerviis. Compage foliolorum flaccidiore iisque apice pauci-serratis caeterum inter affines distincta, cum *Z. angustifolia* Jacq. quatenus ex eius icone et exemplari auth. a me antea explorato constat, haud coniungi posse videtur.

Zamia angustissima. Exemplaris provectioris folia hic describam: petioli ima basi valde dilatati caeterum subsemiteretes, 3—$4\frac{1}{2}$ poll. longi; rhachis pedalis vel longior, foliolis utrinque 24—32 subaequilongis, $6\frac{1}{2}$—8 poll. longis, rhachi antice planiusculae insertis, inferioribus oppositis, superioribus fere vel omnino alternis, basi parum augustatis, versus apicem pedetentim attenuatis, in apicem integerrimum extremo subteretiusculum acutum terminatis, in universum valde angustatis, vix 1 lin. latis, marginibus leviter incrassatis et subrevolutis, supra in vivo planis vel leviter convexis, subtus nervis prominulis 3, quorum medius centricus vel leviter excentricus, passim subquinquenerviis, laterali nervo tum utrinque sub margine recondito; siccatorum nervi supra distinctiores evadunt et hac in re ex aetate et compage differentiae observantur. — Haec *Z. strictae* certe perquam affinis, apice foliolorum integerrimo in his provectioribus etiam ita observato

ab ea constanter differre videtur. — Probabiliter huc pertinet *Z. multifoliolata* A. DC. *Prodr.*, *l. c.* p. 545.

Sous le nom de *Zamia Potemkini* on trouve depuis quelque temps une espèce dont je n'ai vu que des exemplaires jeunes, lesquels pourraient peut-être appartenir au *Z. Loddigesii.* — Truncus ellipsoideus, perulis e basi latâ abrupte lanceolatis cuspidatis; petiolus aculeatus; foliola elliptico-oblonga, superiora et foliorum aliorum magis lanceolata, ab $\frac{1}{2}$ longitudinis ab apice inde serrulata, utrinque attenuata.

Zamia floridana A. DC. *l. c.* p. 544 est le vrai Z. *pumila* de Linné. Pursh l'avait trouvé dans la Floride: „Z. integrifolia"; des échantillons recueillis plus tard par M. Torrey, dans le même pays, m'ont été communiqués par M. Asa Gray, et c'est de la même source que provient l'espèce décrite par M. De Candolle. Dans sa *Flora Americae Sept.* II, p. 648, Pursh dit: „dans la Floride orientale; cette espèce ne se trouve qu'en Floride, car toutes les recherches que j'ai faites pour la découvrir en Géorgie sont restées sans succès." — Or M. De Candolle cite, au sujet du *Z. pumila*: „Florida (Torrey)"; et il est évident que dans les deux cas il s'agit de la même plante.

Zamia Verschaffeltii n. sp. Petioli aculeati teretiusculi apice tetragoni; rhachis dorso convexa antice bifacialis; foliola pauciiuga basi lata rhachi antice inserta (basibus oppositorum prorsus contiguis) lato-oblongove-lanceolata sensim acuminata, basi nunc supra nunc infra convexiora, in margine superiore rectiore ad $\frac{1}{3}$ ab apice, in inferiore ad $\frac{1}{2}$ spinoso-serrulata, coriacea, lucida, nervis 30—35 simplicibus paucioribusque bifidis pellucidis utrinque prominulis striulata.

A *Z. muricata* differt: foliolis crassioribus, ratione folii maioribus, basi lata magis in antica rhacheos facie quam in lateribus insertis (ita ut, ubi opposita sunt foliola, insertiones plane sint contiguae), supra basin vix constrictis, per totam longitudinem magis aequilatis nec ad formam ellipticam tendentibus, nervis utrinque prominentibus striatis, petioli dense aculeati formâ, denique patriâ. — Plantae adultioris *truncus* subconicus semipedem altus, inferne $\frac{1}{4}$ pedis

crassus, desquamatus. *Folia* pauca tantum adsunt. *Petiolus* proprius 10—14 poll. longus ex olivaceo pallide fusculus, aculeis teretiusculis tenuibus apice pallidis patentibus vel leviter decurvis, rectis vel leviter arcuatis praesertim in parte ½ inferiore petioli confertis armatus, ima basi substipulaceo-dilatatus, caeterum praeter supremam partem obtuso-tetragonam teretiusculus, pennam olorinam crassus. *Rhachis* tenuior inter suprema foliola in apiculum mucroniformem rigidum acutum excurrens, dorso convexa, antice bifacialis, acie obtusa interiecta, ubique inermis, ½ pedem longa, sed probabiliter etiam longior, viridis. *Foliola* fere opposita vel subopposita vel fere alterna, sed propter insertionem latam et antice sitam opposita contigua, 5-iuga vel iugis paullo numerosioribus, crasse coriacea, sed flexibilia, supra saturate viridia lucida, subtus pallide gramineo-viridia, marginibus laevibus leviter incurva, supra basin insertionis ½ pollicem perpendiculariter latam non nisi leviter angustata, aequilato-lanceolata sursum sensim angustata in acumen acutum, serraturis versus apicem pedetentim confertioribus demum confertissimis, recta vel laeviter falcata, basi nunc supera nunc infera convexiore, in universum margine superiore rectiore, inferiore (nec constanter) leviter convexiore, nervis in medio foliolo 30—35, aliquibus, et infra ½ folioli longitudinem, bifidis striulata, 9—12 poll. longa, 1¼—1¾ vulgo paullo infra medium lata.

Ex *imperio Mexicano* introduxit A. Verschaffelt, qui in Catalogis *Z. fuscam latifoliam* dixit.

Système.

D'après les principes aujourd'hui admis, le groupement des genres suivant leurs affinités mutuelles repose sur les caractères morphologiques, estimés selon leur valeur relative. Dans le cas présent, il est impossible de prendre en considération l'élément paléontologique, l'affinité d'après la généalogie, vu que nous ne connaissons pas suffisamment les relations des Cycadées de la période actuelle avec celles des époques précédentes.

M. A. De Candolle a fait à la classification que j'avais suivie dans le *Prodromus Syst. Cycad.* quelques modifications, qui, tout en paraissant de peu d'importance au premier abord, sont pourtant le résultat d'une appréciation des caractères à laquelle je ne puis me rallier. — Ce n'est peut-être qu'un changement superflu d'avoir remplacé le nom de ma première tribu, *Cycadinae*, par celui de „*Cycadeae*" (pour la famille entière c'est le terme „*Cycadaceae*" qui a été choisi). — Mais il en est autrement lorsque le savant auteur réunit mes 2e et 3e tribus, *Stangerieae* et *En-*

cephalarteae, en une seule „*Encephalarteae*", qu'il partage ensuite en deux sous-tribus („*Stangerieae* et *Encephalarteae*"). La différence entre ces deux groupes est si essentielle, que j'applaudirais plutôt à un changement destiné à marquer une opposition plus tranchée, qu'au changement en sens inverse dont il est ici question. — Placer le genre *Dioon* dans la tribu des *Encephalarteae* me paraît un classement très inexact, tant à cause de l'insertion des folioles, laquelle est plutôt articulée que non articulée, qu'à cause de la forme des androphylles, qui sont construits d'après le type de plusieurs espèces de *Zamia* (par ex. des *Z. Lindleyi*, *Brongniartii*, etc.). Il faut ajouter à cela le mode différent de croissance des tiges, et l'absence des interruptions caractéristiques dans la couche du cambium, par laquelle toutes les Cycadées américaines se distinguent des *Encephalarteae*, et dont j'ai fait mention dans la cinquième partie de ces Matériaux. Il en est de même des cellules spéciales, semblables à des cellules libériennes, de l'épiderme des feuilles, lesquelles sont propres aux genres américains.

Je fais suivre ici un tableau de toutes les Cycadées, rangées d'après les affinités naturelles.

Ord. CYCADEAE.

Trib. I. CYCADINAE.

I. *Cycas* LINN.

§ 1. ovulis tomentosis emersis.

1. C. revoluta THUNB. — Ludens: α planifolia, β brevifrons, γ inermis (C. inermis MIQ. in *Cat. Hort. Amstel. excl. syn.* LOUR.).

§ 2. ovulis glabris, carpophylli marginibus basi immersis.

a. *petiolo lateribus spinuloso.*

2. C. siamensis MIQ.
3. C. dilatata GRIFF.
4. C. Jenkinsiana GRIFF.
5. C. pectinata HAM., cum praeced. ultro conferenda.
6. C. circinalis LINN.
7. C. media R. BR.
8. C. angulata R. BR.
9. C. macrocarpa GRIFF.
10. C. gracilis MIQ.
11. C. sphaerica ROXB.

12. C. Rumphii MIQ.
13. C. Thouarsii R. BR.
14. C. Riuminiana HORT. MOSQU.

Dubiae, steriles, supra (in parte I) enumeratae hic omissae.

b. *petiolo inermi.*

15. C. Armstrongii MIQ.

Trib. II. STANGERIEAE.

II. *Stangeria* TH. MOORE.

1. St. paradoxa EJUSD.

Trib. III. ENCEPHALARTEAE..

III. *Macrozamia* MIQ.

§ I. Genuinae.

1. M. Fraseri MIQ.
2. M. Miquelii FR. MUELL.
3. M. spiralis MIQ.
4. M. Macdonelli F. MUELL.
5. M. Oldfieldii MIQ.
6. M. Macleayi MIQ.

§ 2. Parazamia MIQ.

7. M. Pauli Guilielmi HILL et F. MUELL.

§ 3. Lepidozamia MIQ.

8. M. Peroffskyana MIQ.

IV. *Bowenia* HOOK. fil.

1. B. spectabilis EJUSD.

V. *Encephalartos* LEHM.

§ 1. foliolis linearibus.

1. E. cycadifolius LEHM.
2. E. pungens LEHM.
3. E. tridentatus LEHM.

§ 2. foliolis lanceolatis.

4. E. elongatus LEHM.
5. E. Lehmanni ECKL.
6. E. longifolius LEHM.
7. E. lanuginosus LEHM.
8. E. caffer MIQ.

§ 3. foliolis ellipticis oblongisve, utplurimum utroque margine spinulose dentatis

9. E. villosus LEMAIRE.
10. E. Altensteinii LEHM. — β semidentatus, — γ eriocephalus.

§ 4. foliolis latis glaucis praesertim margine inferiore lobatodentatis.

11. E. horridus LEHM. — β Hallianns — γ aquifolius.
12. E. latifrons LEHM.

Trib. IV. ZAMIEAE.

VI. *Dioon* LINDL.

1. D. edule LINDL. — β imbricatum — γ angustifolium.

VII. *Ceratozamia* AD. BRONGN.

§ 1. genuinae, petiolis aculeatis, foliolis praesertim iuvenilium latiusculis.

1. C. mexicana A. BRONGN. — Pro aetate valde diversa.
2. C. Miqueliana H WENDL.

§ 2. Species petiolo inermi foliolis lineari-angustis insignis.

3. C. Kuesteriana REGEL.

VIII. *Zamia* LINN. *excl. sp.*

§ 1. petiolis aculeatis, foliolis magnis.

a. glabris.

1. Z. Skinneri WARCZ.
2. Z. muricata WILLD.
3. Z. Loddigesii MIQ.

b. subtus furfuraceis.

4. Z. furfuracea AIT.

c. multiiugis angustis.

5. Z. Lindleyi WARCZ.
6. Z. spartea A. DC. *Prodr.*

§ 2. petiolis inermibus.

a. foliolis latis vel latiusculis.

† *apice obtuso irregulariter serrulatis.*

7. Z. integrifolia AIT.
8. Z. debilis WILLD.
9. Z. media LINN.
10. Z. pumila LINN.

†† *apice obtuso vel acuto aut acuminato magis distincte serrulatis, serraturis quandoque et in margines descendentibus.*

11. Z. Poeppigiana MART. et EICHL.
12. Z. Fischeri MIQ.
13. Z. Kickxii MIQ.
14. Z. Ottonis MIQ.
15. *L.* pygmaea SIMS.

b. foliolis lanceolatis.

† *integerrimis.*

16. Z. calocoma MIQ.
17. Z. pseudoparasitica YATES.

†† *serrulatis.*

18. Z. Brongniartii WEDD.
19. Z. tenuis WILLD.

c. foliolis anguste linearibus.

20. Z. Yatesii MIQ.
21. Z angustifolia JACQ.
22. Z. stricta MIQ.
23. Z. angustissima MIQ.

Le nombre total des espèces aujourd'hui connues, et distribuées en huit genres, s'élève donc à:

Zamia	23	Somme des espèces vivantes: 64, dont:
Cycas	15	
Encephalartos	12	
Macrozamia	8	*Amérique* 27
Ceratozamia	3	*Afrique* [1]). 13
Dioon	1	*Asie* [2]). 11
Bowenia	1	*Nouvelle-Hollande* 13
Stangeria	1	

En comparant cette classification avec le tableau donné dans le *Prodromus* DC., on remarque plusieurs différences, dont quelques-unes ont déjà été signalées ci-dessus ou bien sont suffisamment intelligibles d'elles-mêmes; mais il y en a d'autres au sujet desquelles je veux donner quelques mots d'explication, pour autant qu'elles ont rapport à la synonymie et à la nomenclature ou qu'elles sont de nature purement systématique. Je n'entre dans aucun détail morphologique ou anatomique, ces sujets n'étant pas traités dans le *Prodromus* DC.

Cycas celebica Miq. *Commentar. phytogr.* p. 126 fait partie des synonymes de *C. Rumphii.* Il en est de même de *C. circinalis β javana.* — *C. Thouarsii* R. Br. est regardé comme douteux par M. DC. Mais il y a d'autant moins lieu de supposer que Du

[1]) Sans Cycas.

[2]) Y compris le Cycas Thouarsii.

Petit Thouars n'aurait vu à Madagascar que des exemplaires cultivés, que l'on a aussi trouvé un Cycas à *l'île Maurice*, probablement le même que celui qui est indubitablement indigène aux *Îles Comores*. La figure que Du Petit Thouars a donnée du carpophylle fait connaître cette partie comme si bien caractérisée, si différente de ce qu'elle est dans toutes les autres espèces, que, à moins de soupçonner cet auteur d'une inexactitude grossière, il n'y a pas de motifs de rejeter le *C. Thouarsii* de R. Brown.

Le *C. inermis* décrit par Loureiro doit, d'après la communication de M. Caruthers relative à l'exemplaire stérile du British Museum, disparaître comme espèce, ainsi que M. A. De Candolle avait eu la bontè de me le faire savoir.

De l'*Encephalartos longifolius* il faut exclure les deux variétés que j'y avais rapportées; la *varietas Hookeri* DC. est le vrai représentant de l'espèce. — A l'*E. caffer* appartient, non comme variété mais comme simple synonyme, l'*E. brachyphyllus*.

Dioon strobilaceum Lem. est le même que *D. edule*.

Le nom de *Zamia Chigua* Seem. doit, en toute justice, s'effacer devant celui de *Z. Lindleyi*. — *Z. spartea* DC. est une des rares Cycadées que je n'ai vues ni à l'état vivant, ni à l'état desséché; mais, d'après la description détaillée, je la regarde comme une espèce bien distincte. — *Z. latifolia* Lodd., dont je n'ai vu que des folioles et dont la plante mère a disparu, n'est pas, suivant toute probabilité, une espèce, mais un jeune état du *Z. furfuracea*. — *Z. mexicana* Miq., adopté par DC., est une des jeunes formes de l'espèce si variable *Z. Loddigesii*. — *Z. Galeotti* De Vriese n'est autre chose que le *Ceratozamia mexicana* Brongn.

Les espèces de *Ceratozamia* que j'avais admises antérieurement sont placées par M. A. DC. parmi les espèces douteuses. Comme les caractères que j'avais mentionnés ne se sont pas montrés constants, j'ai ramené ces espèces au *C. mexicana*. Par rapport aux deux autres espèces, elles offrent de grandes différences. Il reste d'ailleurs toujours incertain si la connaissance des organes de la fructification ne conduirait pas à distinguer un plus grand nombre d'espèces.

CONTRIBUTIONS À LA FLORE DU JAPON,

PAR

F. A. W. MIQUEL.

(V. *Arch. des sc. ex. et nat.* T. IV, p. 219.)

II. MÉLANTHACÉES.

Ce groupe est fortement représenté au Japon, de même qu'il l'est dans l'Amérique du Nord. Aux découvertes de Thunberg, de Siebold et de Buerger, beaucoup d'espèces intéressantes ont été ajoutées par les voyageurs américains ainsi que par MM. Maximowicz et Tschonosky. Au moment où je donnai dans le *Prolusio Florae Japonicae* un aperçu de la végétation de ce pays, les découvertes des deux botanistes nommés en dernier lieu ne m'étaient encore connues que partiellement; mais, peu de temps après, l'herbier de l'Etat, à Leyde, reçut de l'herbier de St. Pétersbourg un envoi important, ce qui me met ajourd'hui à même de jeter quelque jour sur différents points demeurés obscurs.

Parmi les Mélanthacées japonaises le *Chamaelirium luteum* avait attiré spécialement mon attention, parce que le Melanthium luteum de Thunberg, espèce si longtemps méconnue, en recevait enfin de l'éclaircissement, et que je reconnus en outre que cette plante est identique à l'espèce nord-américaine (Ch. Carolinianum W.), avec cette particularité qu'elle est hermaphrodite au Japon, dioïque en Amérique (*Prolus.*, p. 308). — M. Maximowicz, à qui ces observations étaient encore inconnues, bien que présumant déjà l'identité de la plante avec celle de Thunberg, la regarda comme

formant un genre distinct (Chionographis japonica, *Bullet Acad. St. Pétersb.* XI, p. 210). Je suis porté à croire que les fleurs examinées par lui n'étaient pas tout à fait à l'état normal, mais, en ce qui concerne l'identité de sa plante avec celle que nous devons à Siebold, l'étude des échantillons qui nous ont été communiqués par M. Maximowicz lui-même ne laisse aucune incertitude. Sa description confirme d'ailleurs que le fruit est une capsule, et que les fleurs ont la couleur blanche (comme en Amérique) et ne deviennent jaunes que par suite de la dessiccation. Il trouva cette plante le long de petits ruisseaux dans les forêts de Kiousiou et sur les montagnes de Koundsho-San.

L'idée que j'avais émise (*Prolus.*, p. 310) que mon *Zygadenus japonicus* (*Versl. en Med.* 2e Sér., II, p. 88) pouvait être le *Veratrum Maackii* Regel (*Fl. Ussur.* p. 154) a été pleinement confirmée par M. Maximowicz. Mais j'hésite à adopter l'opinion beaucoup plus radicale de ce savant, d'après laquelle l'espèce en question devrait être rangée parmi les formes du *Veratrum nigrum*. Ses feuilles linéaires étroites, entre autres caractères, forment un contraste si frappant avec les feuilles largement ovales de cette espèce, que, à moins d'une série complète de formes intermédiaires, la réunion me paraît trop hasardée. — M. Maximowicz a découvert cette plante près de Yokohama, avec des fleurs tantôt pourpres tantôt blanches.

Le *Veratrum nigrum* Linn. avait déjà été récolté antérieurement par M. Small; M. Maximowicz en a trouvé, près de Hakodade, une variété, *β var. intermedium*, qui toutefois ne s'écarte que peu de l'espèce.

Le *Veratrum album* Linn. présente au Japon des formes très divergentes, en plus grand nombre que dans aucun autre pays, et s'éloignant davantage du type de l'espèce que, par exemple, le *V. Lobelianum* dans notre continent. M. Maximowicz nous a fait part de deux formes qui diffèrent beaucoup entre elles: *α var. grandiflorum*, récoltée près de Hakodade, plante robuste, à feuilles grandes et très larges, à fleurs grandes, longues de 4 lignes ou même davantage; — *β var. parviflorum*, recueillie par M. Tschonosky

dans la province Nambou de l'île Nippon, et qui s'éloigne considérablement de la variété précédente. Toute la plante a un aspect délicat; les feuilles inférieures sont elliptiques, les supérieures lancéolées, les grappes composées et chargées de poils gris, les fleurs remarquablement petites, longues de $1\frac{1}{3}$ ligne. Je n'ai toutefois pu découvrir d'autres différences essentielles sur les échantillons desséchés.

Il m'est impossible de partager l'opinion de M. Maximowicz que le genre *Sugerokia* peut être réuni avec le genre *Helionopsis*. Les capsules de ce dernier genre, que j'ai reçues de M. Asa Gray, présentent de grandes différences quant au nombre, à la forme et à la structure des graines, différences qui sont généralement regardées comme de première valeur pour l'établissement des genres dans ce groupe. Si l'on rejette ce caractère, toute la méthode de classification des Mélanthacées tombe d'elle-même. — *Helionopsis breviscapa* Maxim. (*pauciflora olim*, *non* A. Gray) n'est, d'après les échantillons authentiques, qu'une forme plus petite de *Sugerokia japonica*.

Conspectus melanthacearum japonicarum.

Tofjeldia huds.

1. *T. nutans* W. — In prov. Nambu legit tschonosky.
2. *T. sordida* maxim. *Bull. St. Pétersb.* XI, p. 212. — In montibus circa Jedo leg. maximowicz.
3. *T. japonica* miq. *Prol.* p. 365 et 368. In Nippon leg. keiske et in regione circa Mikawa kaiso.

Chamaelirium willd.

1. *Ch. luteum* a. gray *Manual* ed. 1. p. 478. miq. *Prolus.* p. 308. 368. Melanthium luteum thunb. — M. Japonicum willd. — Helonias japonica R. S. — Chionographis japonica max. (Helonias lutea ait. — H. dioica pursh. H. pumila jacq. — Melanthium Dioicum walt. — M. densum lam. — Veratrum luteum linn.). — In Nippon siebold; in Kiusiu m. Kundsho-San secus rivulos, in Kumamoto in sylvis Cryptomeriae maximowicz.

Sugerokia MIQ.

1. *S. japonica* MIQ. *Prol.* p. 309. — Scilla japonica TH. Helionopsis japonica et H. breviscapa (pauciflora olim) MAXIM. In ins. Kiusiu m. Wunzen et in ins. Nippon prov. Sennano et Nambu legerunt MAXIMOWICZ et TSCHONOSKY, antea in iisdem regionibus legerunt SUGEROK, KEISKE, SIEBOLD.

Helionopsis A. GRAY.

1. *H. pauciflora* A. GRAY. — MIQ. *Prol.* p. 310, excl. pl. MAXIMOWICZII homonyma.

Veratrum LINN.

1. *V. Maackii* REGEL *Fl. Ussur.* p. 154. Zygadenus japonicus MIQ. *Prolus.* p. 310.
2. *V. nigrum* LINN. — In ins. Jeso leg. SMALL.
3. *V. album* LINN. — *var. grandiflorum* MAXIM. (cf. supra); *var. parviflorum* MAXIM. (cf. supra).

Streptopus L. C. RICH. (MICHX).

1. *S. amplexifolius* DC. — In promontorio Sova leg. WRIGHT.
2. *S. roseus* MICHX. — In ora Ochotsk et in ins. Aleuticis.

Disporum SALISB.

1. *D. sessile* DON, et var. β minus MIQ. *Prolus.* p. 311. — In Nippon, in Kiusiu prope Kokuro legit BUERGER — β in m. Wunzen KEISKE.
2. *D. pullum* SALISB. — Variis locis leg. SIEBOLD, BUERGER, MOHNIKE.
3. *D. smilacinum* A. GRAY. — In Simoda, prope Hakodade in pinetis leg. collectores americani.

Sept genres au Japon contre douze dans l'Amérique du Nord; deux genres japonais qui manquent en Amérique (Helionopsis et Sugerokia), sept genres américains qui ne se trouvent pas au Japon. — Parmi les espèces japonaises il y en a 5, peut-être 6, qui croissent aussi en Amérique.

III. VALÉRIANÉES.

Dan mon aperçu de la flore du Japon (*Prolusio Florae Japonicae*) j'avais mentionné neuf espèces de Valérianées, auxquelles M. Maximowicz en ajouta plus tard encore deux autres. Bien que ses recherches eussent en général fourni des résultats semblables aux miens, je reconnus pourtant, en étudiant les échantillons que ce savant voyageur a communiqués dernièrement à l'Herbier de l'Etat, que nos déterminations, par suite de la condition plus ou moins parfaite des échantillons dont nous avions disposé, offraient de certaines différences et que nos résultats pouvaient se compléter réciproquement. Cela est applicable surtout à quelques espèces de *Valeriana* et de *Patrinia*, que j'avais déterminées sans fruits mûrs. C'est ainsi, par exemple, que ma conjecture, que plusieurs espèces placées dans le genre *Valeriana* pouvaient appartenir au genre *Patrinia*, s'est trouvée confirmée par les échantillons fructifères qui nous ont été envoyés par M. Maximowicz. — Pour cette raison, je donne ici un aperçu corrigé des espèces de ces deux genres.

I. Valeriana linn.

1. *Valeriana dioica* miq. *Prolus.* p. 378.

2. *Valeriana officinalis* linn. — miq. *l. c.* — Cette espèce si largement répandue paraît varier encore plus au Japon qu'en Europe. Une variété remarquable, que j'ai décrite à l'endroit cité sous le nom de *β latifolia*, a été trouvée aussi par M. Maximowicz dans le pays de l'Amour, et une autre, avec trois paires de folioles lancéolées et dentées en scie, près de Nagasaki et sur le mont Kigo San; ces deux formes, que M. Maximowicz compare au *V. sambucifolia*, furent recueillies, de même que nos exemplaires, sur la montagne d'Obama et le long de ruisseaux et de rivières dans les îles de Nippon et de Kiousiou. Chez toutes, le nombre des folioles est beaucoup plus petit que dans les formes ordinaires du *V. officinalis*, et ces formes japonaises

se lient très intimement à l'espèce voisine *V. sambucifolia* Mik., bien que je n'y aie pas observé de stolons, un des caractères de cette dernière espèce. On pourrait donc conclure des formes japonaises, que le *V. sambucifolia* doit être regardé comme une forme locale du *V. officinalis*. — On est fortifié dans cette manière de voir quand on compare le *V. officinalis* des flores de différents pays; on acquiert alors la conviction, que beaucoup de contrées donnent naissance à des modifications particulières, de nature à augmenter temporairement le nombre des espèces insoutenables.

3. *Valeriana flaccidissima Maxim. Mélang. biolog. l. c.* (*V. Hardwickii* Wallich var. leiocarpa Miq. *l. c.* p. 279). Cette espèce est si rapprochée de l'espèce citée de Wallich que je ne l'en avais distinguée que comme variété. L'espèce japonaise produit, d'après l'observation de M. Maximowicz, des stolons, lesquels manquaient toutefois à nos échantillons. De Candolle attribue à la plante indienne de Wallich une „radix estonolosa", mais il n'avait vu qu'un exemplaire imparfait. Pourtant, des échantillons du Khasia, que j'ai examinés postérieurement, ne possédaient pas non plus de stolons, ce qui semble confirmer la différence. Ce caractère, joint aux particularités que j'avais déjà signalées dans l'espèce japonaise, paraît bien légitimer sa distinction d'avec l'espèce indienne. Les stolons sont très grêles, filiformes, portant des feuilles rondes extrêmement petites; les feuilles radicales sont deux fois plus courtes que le pétiole, ovées, très obtuses, légèrement cordiformes à la base, crénelées en scie, longues de 6—8 lignes; les feuilles caulinaires inférieures sont pinnatipartites-lyrées; lobes disposés en deux paires, avec un lobe terminal beaucoup plus grand, les lobes latéraux inférieurs très réduits; vers le haut les feuilles se partagent en moins de lobes, et les feuilles supérieures sont simplement lancéolées. — Keiske a découvert cette espèce dans les forêts de Nippon, Maximowicz près de Nagasaki.

4. *Valeriana diversifolia* Miq. *l. c.* — Espèce bien distincte, caractérisée par des feuilles à pétioles remarquablement longs, mais dont la place dans ce genre est encore un peu douteuse, vu que le fruit est inconnu jusqu'à ce jour.

II. Patrinia Juss.

1. *Patrinia scabiosaefolia* Link. — Miq. *l. c.* — Commun au Japon et dans les parties voisines du continent asiatique.

2. *Patrinia villosa* Juss. — Miq. *l. c.* p. 280. Un examen plus attentif m'a fait reconnaître l'inexactitude de l'observation que j'avais faite, à l'endroit cité, au sujet de l'origine de la paillette. La „palea ad fructum adnata" est, en réalité, une bractéole agrandie, mais qui, dans cette espèce, se trouve tellement serrée par sa face supérieure convexe contre le fruit, qu'elle y paraît en quelque sorte soudée. On peut toutefois séparer les deux parties, sans aucune déchirure des tissus. — Cette espèce est d'ailleurs une de celles qui sont le plus répandues au Japon.

3. *Patrinia gibbosa* Maxim. *Mélang. biol.* VI, p. 276.

Praecedenti non absimilis, sed folia praeter pilos subtus in nervis adpressos glabra, in petiolum brevem magis minusve decurrentia, vario gradu pinnatiloba, inferiora rotundata, reliqua ovalia, suprema ovato-lanceolata et tantum duplicate grosse serrata. Flores majores quam in *P. villosa*, gibbere valde evoluto. Bracteolae lanceolatae calycem excedentes et ei appressae. Calycis glabri limbus 5-crenatus. Caulis superne et praesertim inter inflorescentiam bifacialiter pubescens. Corollae faux glabra. — Prope Hakodade detexit auctor.

4. *Patrinia triloba* Miq. *l. c.* p. 279 *sub Valeriana. Patrinia palmatifida* Maxim. *l. c.* — Calcar in floribus bene evolutis corolla duplo brevius, in nostris alabastriferis non nisi gibberis instar efformatum; bracteola (palea) rotundata fructui non adnata, sed eum tantum suffulciens.

Cette espèce très reconnaissable a été découverte par Siebold. En l'absence de fleurs et de fruits parfaitement développés, je l'avais regardée, à tort, comme une Valériane. M. Maximowicz nous en a communiqué des échantillons très complets, pourvus de fruits. Il l'a trouvée à Nippon, dans les provinces de Sénano et de Nambou.

5. *Patrinia japonica* Miq. *l. c. sub Valeriana.* — Bracteola lanceolata calyci florenti appressa eoque longior; corolla lato-campaniformis basi leviter inaequalis; calicis limbus brevissimus; cymae pauciflorae; folia caulina vix 1 lin. lata.

Les échantillons, en somme assez imparfaits, rapportés par Siebold, sans mention spéciale de localité, s'éloignent tellement de toutes les Valérianées japonaises, par leurs feuilles étroites et en général petites et presque sessiles, que cette espèce doit être regardée comme encore très douteuse. La position de la bractéole, immédiatement au-dessous du calice, conduit à la rapporter plutôt au genre Patrinia qu'au genre Valeriana.

Aux détails donnés, à l'endroit cité, sur le *Valerianella olitoria* Mönch, je n'ai rien à ajouter, si ce n'est que M. Maximowicz a aussi récolté la plante près de Nagasaki.

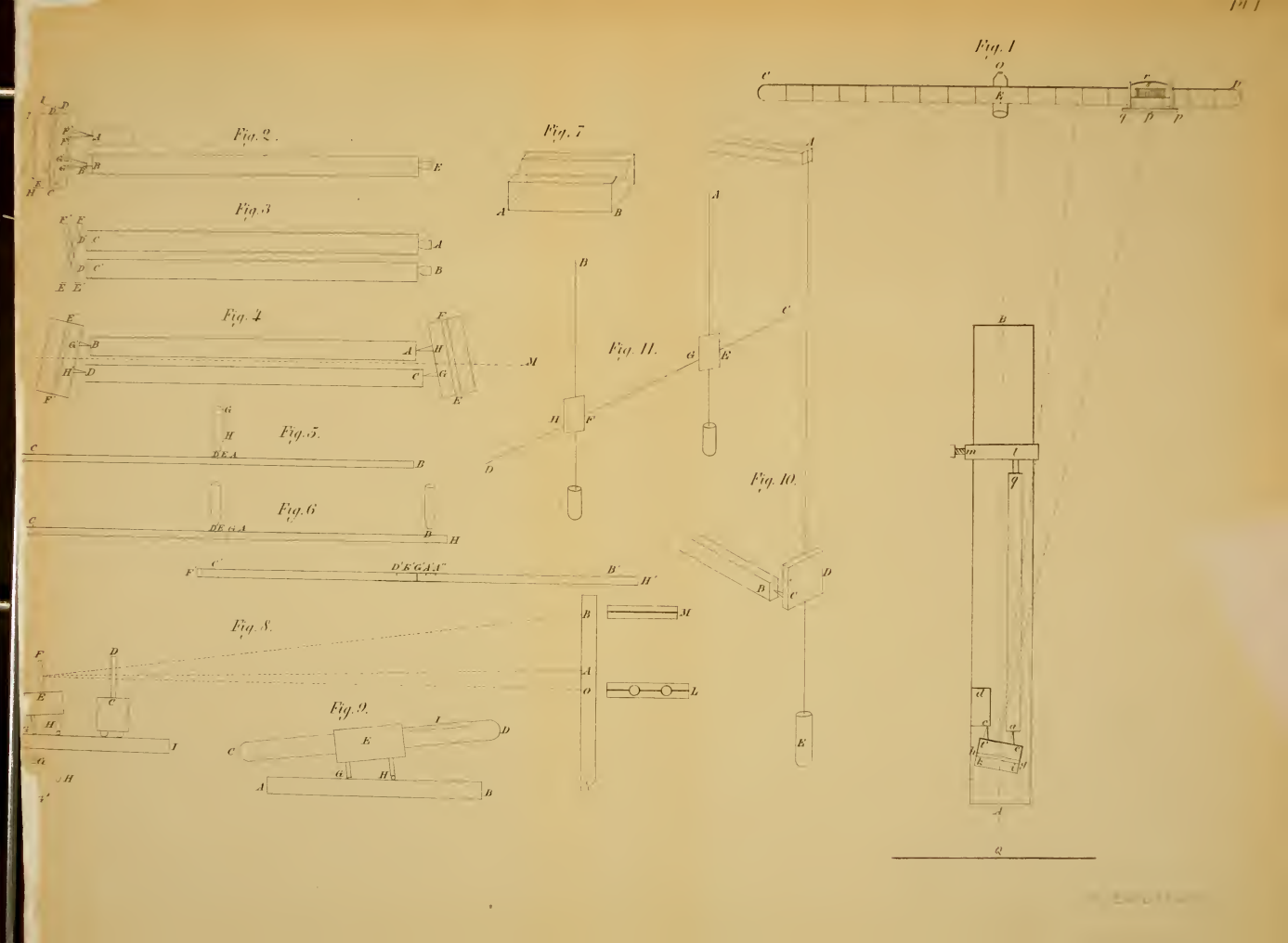
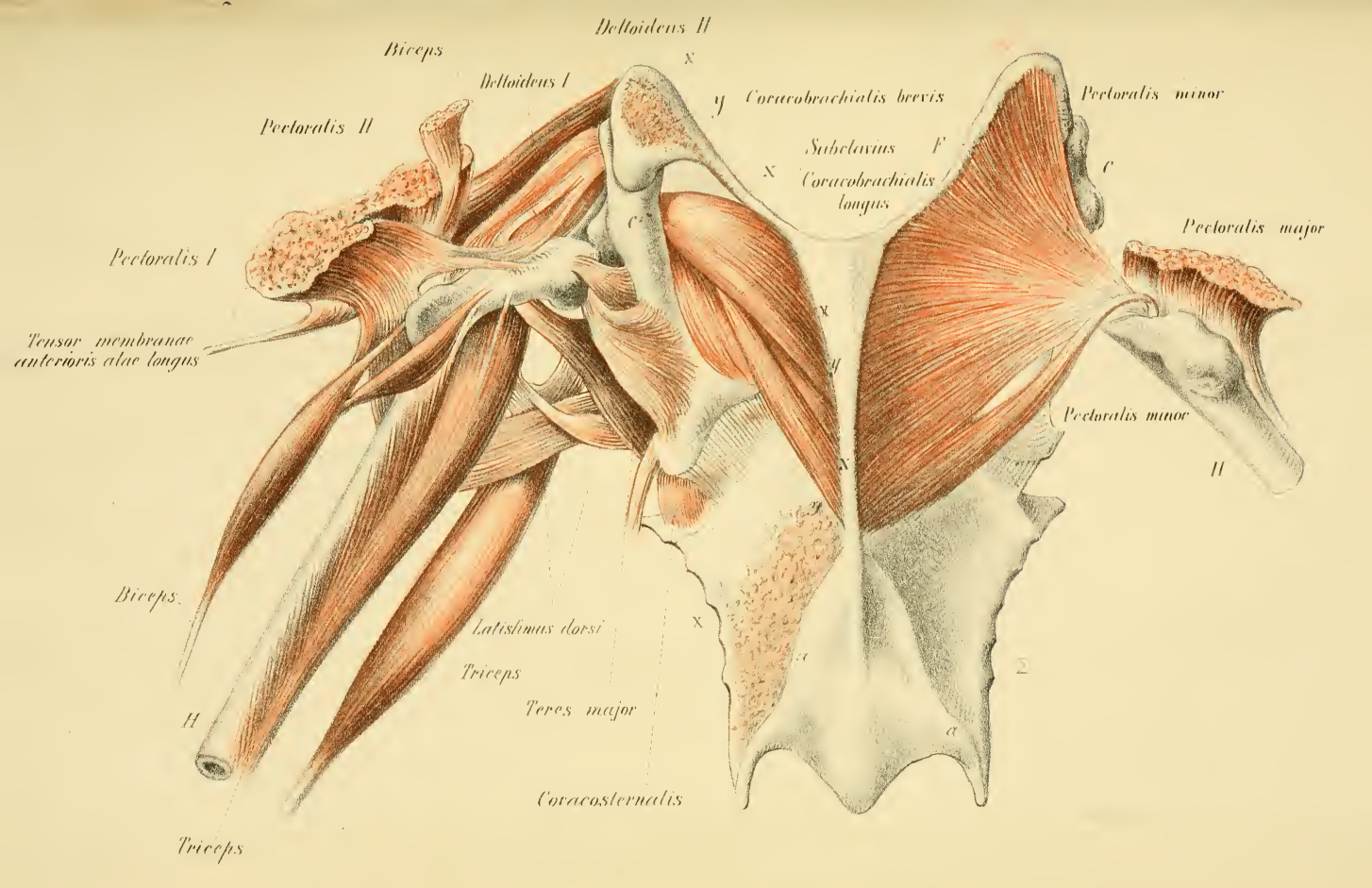


Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5.
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.



Selenka del.

Lith. v. Emrik & Binger

Fig. 1.

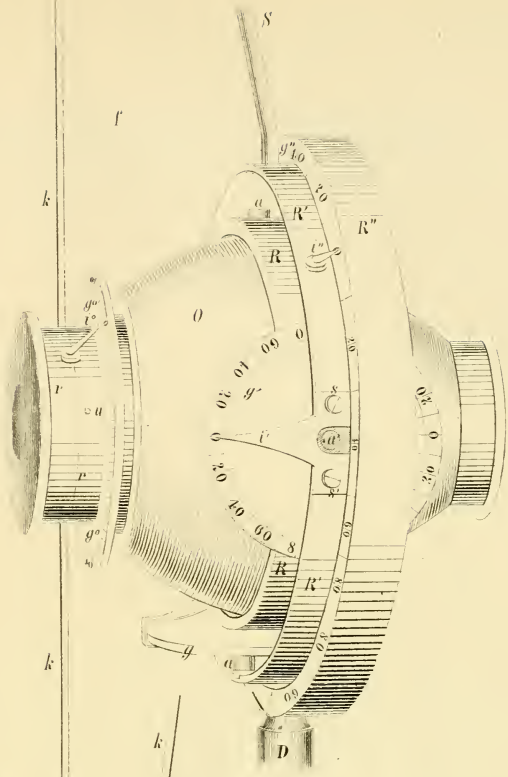
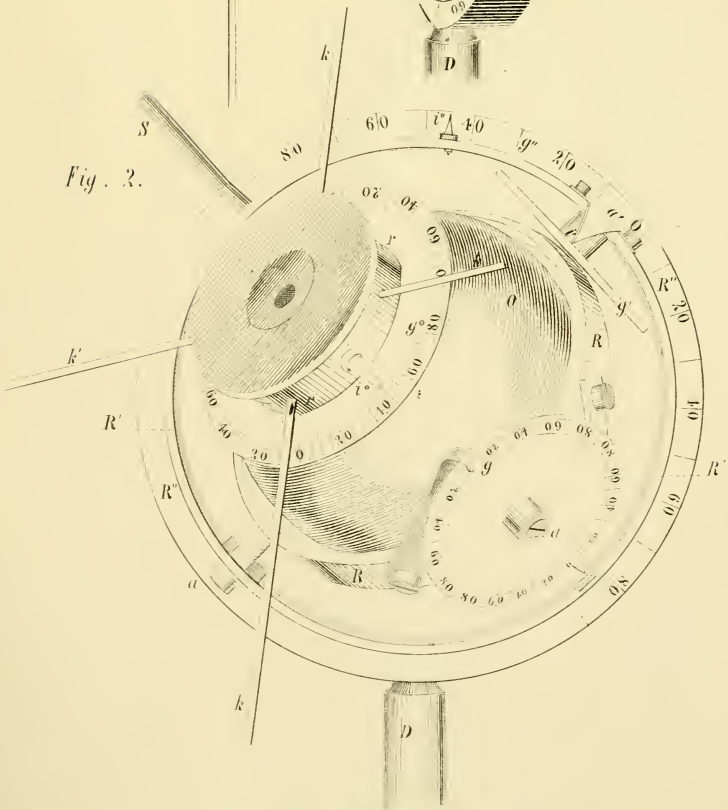


Fig. 2.



ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LA DENSITÉ DE L'ALCOOL ET DES MÉLANGES D'ALCOOL ET D'EAU,

PAR

E. H. VON BAUMHAUER.

Il y a maintenant dix ans que j'ai présenté à la Classe physique de l'Académie royale des Sciences d'Amsterdam les résultats d'un travail considérable, que j'avais exécuté avec M. F. H. van Moorsel, pour rechercher jusqu'à quel point les déterminations existantes de la densité des mélanges d'alcool et d'eau à différentes températures, — surtout celles faites de 1790 à 1794 par Gilpin et calculées de nouveau en 1811 par Tralles, et celles faites en 1816 et 1822 par Gay-Lussac, — offraient un caractère suffisant de certitude, pour pouvoir servir de base à la construction de tables alcoométriques, dans la nouvelle loi sur les boissons distillées, qu'on préparait à cette époque dans notre pays. Ces recherches ont été communiquées dans mon *Mémoire sur la densité, la dilatation, le point d'ébullition et la force élastique de vapeur de l'alcool et des mélanges d'alcool et d'eau*, qui a paru en 1860 dans le Tome IX des Mémoires de l'Académie royale des Sciences. La loi du 20 juin 1862 (*Journal officiel des Pays-Bas*, n°. 62), contenant des dispositions relatives à l'accise sur les produits distillés indigènes, et l'arrêté royal du 20 avril 1863 (*Journal officiel*,

connaît la richesse, et réciproquement. Quant à ce dernier point, il reconnaît lui-même (p. 275) que, malgré toute l'exactitude de ses déterminations, il n'a pas été plus heureux que ses prédécesseurs, et qu'il n'est pas parvenu à trouver la loi en question. Ses recherches, qui ont été faites avec un degré extraordinaire de précision, en observant toutes les précautions imaginables, et où l'auteur a appelé à son secours toutes les ressources des mathématiques, pour le calcul des erreurs possibles, des corrections et de l'interpolation, — ses recherches, non-seulement confirment entièrement les résultats de ses devanciers, mais démontrent encore que l'exactitude à laquelle on peut prétendre, dans la détermination de la densité des mélanges d'alcool et d'eau à différentes températures, a une limite, due à toutes sortes d'influences perturbatrices, et par suite de laquelle il est impossible de trouver la proportion d'alcool dans un mélange à moins de ± un dixième pour cent près.

Je ne mentionnerai qu'en passant, comme ayant peu d'importance pratique, la discussion étendue à laquelle M. Mendelejeff s'est livré concernant les plus grandes erreurs probables qui affectent les résultats de chacun des expérimentateurs; je me bornerai à relever les inexactitudes qu'il a commises à propos de nos expériences.

Les griefs que M. Mendelejeff articule contre ces expériences sont: d'abord, que nous avons employé la pesée hydrostatique, au lieu de la pesée au matras, cette méthode devant, d'après l'auteur, donner lieu à une diminution de la richesse alcoolique des mélanges; ensuite, que le cône en verre dont nous avons fait usage pour cette détermination n'avait qu'un volume de 12,865 gr. (*lis.* CC.). Cette dernière allégation est vraie en ce qui concerne la détermination de la densité des mélanges d'alcool et d'eau, mais elle ne l'est pas pour la détermination de la densité de l'alcool absolu, densité dont l'exactitude, ainsi que je l'ai dit, a, au point de vue scientifique, une importance prépondérante. Pour celle-ci, nous nous sommes servis d'un cône de verre d'environ 54 CC., et, en outre, nous avons fait une déter-

mination dans un petit matras fermé et pourvu d'un thermomètre, d'une manière analogue à celle dont M. Mendelejeff lui-même a procédé. Les résultats obtenus par ces deux méthodes, 0,79407 et 0,79428, bien que différant peu entre eux, montrent pourtant que la pesée hydrostatique a donné une densité plus faible que la pesée dans le matras fermé, ce qui ne devrait pas être si, pendant l'exposition à l'air, l'alcool avait absorbé de l'eau. Ayant négligé, dans le compte rendu de nos expériences, d'énumérer, comme M. Mendelejeff, toutes les mesures de précaution qui ont été prises, je dois faire remarquer ici, que la manière dont nous avons exécuté la pesée hydrostatique réduisait à bien peu de chose le danger de variation du liquide, vu que le temps nécessaire pour verser l'alcool dans le verre et pour achever la pesée ne s'est jamais élevé à une minute entière. Voici comment ce résultat s'obtient: après que le verre a été rincé à plusieurs reprises avec le liquide, puis rempli, on fait une pesée hydrostatique provisoire, dans laquelle on se contente d'une exactitude de 1 à 2 milligrammes; les poids demeurant sur la balance, on vide le verre, on le remplit de nouveau d'alcool de la même espèce et on le replace sur la balance, qui peut alors rester fermée, attendu que, pour compléter la pesée, on n'a plus qu'à manœuvrer le petit cavalier représentant le milligramme. Lorsqu'on a une bonne balance (telle que la balance d'Oertling, de Berlin, qui m'a toujours servi), dont l'aiguille ne donne jamais d'indications fausses, et qu'on ne poursuit pas une exactitude supérieure à celle d'un demi-milligramme, la pesée entière est terminée en moins d'une minute. Immédiatement après la pesée, on consultait de nouveau le thermomètre, et la détermination n'était regardée comme bonne que si cet instrument continuait à marquer 15° C., température à laquelle le liquide avait été amené avant l'opération. L'exactitude des pesées a été dans nos expériences de ± 0,0005 mgr., et non de ± 0,001 mgr., comme le dit M. Mendelejeff. La surface des appareils sur lesquels on opère étant sans cesse modifiée, ainsi que l'ont montré MM. Regnault et Stas, par toutes sortes d'influences qui nous sont encore imparfaitement connues, telles

que l'électricité, la condensation des gaz, etc., une pesée mérite, à mon avis, d'autant plus de confiance qu'elle a été faite en moins de temps. La détermination des fractions du milligramme par le procédé qu'a employé M. Mendelejeff, c'est-à-dire, par les oscillations de l'aiguille, observées à l'aide d'une lunette, est plutôt, ce me semble, de nature à diminuer qu'à accroître le degré d'exactitude. On ne peut attacher quelque valeur à ce procédé que lorsque, à l'exemple des deux savants cités plus haut, on dispose sur les deux plateaux de la balance des appareils formés de la même matière et présentant des surfaces égales, sur lesquels les influences inconnues s'exercent alors de la même manière. Cette précaution n'a pas été observée par M. Mendelejeff, qui a pesé des appareils en verre avec des poids en cuivre.

M. Mendelejeff, qui dit avoir poussé l'exactitude dans la mesure des températures jusqu'à $\frac{5}{1000}$ d'un degré centigrade, nous reproche naturellement le peu de précision de nos propres mesures, qui s'arrêtent aux dixièmes du degré. J'admire certainement cette grande exactitude, obtenue d'ailleurs en dirigeant le fil de la lunette à $\frac{1}{3}$ de la hauteur du ménisque, à partir du sommet, et en appliquant des corrections pour la mince colonne de mercure contenue dans la partie du thermomètre qui s'élève au-dessus du liquide. Mais, tout en l'admirant, je ne puis y attacher que bien peu d'importance, quand je vois en même temps que les degrés des thermomètres employés, thermomètres qui ne pouvaient aller de 0° jusqu'à 100° C., ont été déterminés par comparaison avec un thermomètre étalon, et que celui-ci marquait, en 1859, + 0,08 au point 0 et 100,103 au point 100, et, en 1864, + 0,500 au point 0; le point 100 ne paraît pas avoir été déterminé à cette dernière époque. M. Mendelejeff ajoute que le zéro de son thermomètre étalon, qui se trouvait à 0,08 en 1859, s'éleva peu à peu jusqu'à 0,500 en 1862, et que depuis lors il resta constamment à la même hauteur. Quant à cette dernière circonstance, je me permets de la révoquer en doute d'après le résultat de

mon expérience. Nous avons fait usage pour nos observations d'un thermomètre étalon n°. 381 de Fastré aîné, de Paris, avec une division arbitraire, mais uniforme, en 745 parties; les indications données par M. Fastré au sujet de ce thermomètre, en juin 1854, étaient les suivantes: B = 756, T = 12,50, π = 755,05, P = 99,80, le point 99,80 = 683,0, le point 0 = 22,0; le vrai point 100 était donc à cette époque, à 760^{mm}, = 684,3. En 1858, ayant examiné ce thermomètre moi-même, je retrouvai le point 0 = 22,0; quant au vrai point 100, le thermomètre entier étant placé dans une double enveloppe de vapeur, j'obtins à 760^{mm} = 685,0. Le 26 décembre 1869, j'ai contrôlé ce thermomètre de nouveau, et trouvé le point 0 = 25; le 29 décembre suivant eut lieu la détermination du point 100, lequel, à 764^{mm},8 et 2°,4 C., fut trouvé = 687,5, ce qui donne le vrai point 100 = 686,24. Comme chaque degré du thermomètre est égal à 6,6224 divisions (environ 3,78 millimètres), le point 0 était donc de 0,45 degré plus élevé qu'en 1854 et 1859, et le point 100 de 0,25 plus élevé qu'en 1854 et de 0,19 qu'en 1859. Lorsque, le même 29 décembre, quelques heures plus tard, je déterminai de nouveau le point 0, je le trouvai, non plus à 25, mais à 24, c'est-à-dire à 0,15 degré plus bas qu'avant l'introduction du thermomètre dans la vapeur. Du reste, c'est un fait généralement connu que, dans les thermomètres très sensibles, le point 0 ne reste pas constant quand l'instrument est porté à de hautes températures.

Le 25 février et le 20 mars 1870 on constata que le point 0 s'était maintenu à 24; dans l'intervalle écoulé depuis le 29 décembre 1869, le thermomètre n'avait pas été exposé à une température élevée.

J'ai vérifié de même un thermomètre étalon de Salleron, de Paris, également à division arbitraire, et qui se trouvait déjà en ma prossession depuis une dizaine d'années. Le 29 décembre 1869 le point 0 fut trouvée = 156,0 et le point d'ébullition, à 764^{mm},8 et 2 ,4 C., = 714,0; par conséquent le point 100 à 760^{mm} = 712,84. Une heure après on constata que le point 0 correspondait à 153,0; en partant de ces dernier nombre, on

trouve pour la longueur de chaque degré 5,5984 divisions, et pour la valeur de chaque division 0°,178. Le déplacement du point 0 s'élevait donc à 0,534 degré.

Après la date indiquée la thermomètre ne fut plus employé à une température élevée. Le 25 février 1870 et le 20 mars suivant on procéda à une nouvelle determination du point 0; la première fois on le trouva à 154,5 et la seconde à 155,0.

En faut-il davantage pour prouver qu'un thermomètre à mercure, en verre, n'est pas un instrument avec lequel on puisse obtenir dans la mesure des températures une exactitude d'un centième de degré?

En présence de ces résultats, on ne sera pas surpris si je n'attribue que peu de valeur à la détermination de demi-centièmes de degré, et si je continue à me contenter des dixièmes de degré dans la mesure des différences de température, de même que je me contente des demi-milligrammes dans les pesées où il s'agit de comparer entre elles des matières hétérogènes, par exemple des appareils en verre avec des poids en cuivre.

Finalement, M. Mendelejeff dit encore que si l'on détermine la dilatation d'un liquide à l'aide d'un dilatomètre placé dans un vase rempli d'eau chaude qui se refroidit, l'erreur dans la détermination de la température peut s'élever à 0°,5 C. Je l'accorde, si le volume du liquide à examiner est très grand et celui de l'eau ambiante relativement petit; mais, de la manière dont nos expériences ont été faites, dans un cylindre de verre qui contenait plusieurs litres d'eau et où, pour maintenir une température uniforme, l'eau était continuellement agitée par un courant d'air, la plus grande erreur ne peut, à mon avis, dépasser 0°,1 C., ce qui donne pour la densité une erreur, non pas de 0,0004 à 0,0005, mais tout au plus de 0,0001.

Mais tournons-nous plutôt du côté des résultats des recherches, et comparons ceux qui ont été obtenus par M. van Moorsel et moi, tant avec ceux de M. Mendelejeff, qu'avec ceux de nos prédécesseurs, Gilpin, Gay-Lussac, Drinkwater, Fownes et autres.

En premier lieu, nous devons nous occuper de l'alcool absolu,

puisque c'est de la détermination exacte de sa densité que dépend la valeur de tout le travail; pour éviter les développements trop étendus, je suis forcé de renvoyer à mon Mémoire pour tout ce qui concerne les détails.

Avant tout, je dois présenter une observation qui, dans l'appréciation de cette question, n'est pas dépourvue d'importance. Nous n'avons aucun moyen certain de nous assurer que ce que nous nommons de l'alcool absolu est de l'alcool éthylique *chimiquement pur*. Par des distillations successives sur des substances avides d'eau, distillations répétées jusqu'à ce que la densité du produit ne diminue plus, nous obtenons un liquide qui peut être regardé, avec grande probabilité, comme entièrement privé d'eau. Mais il n'est nullement prouvé que ce liquide, cet alcool éthylique, ne renferme pas un autre alcool, d'une densité plus grande ou plus faible, un éther, un aldéhyde, ou quelque autre matière volatile, dont le point d'ébullition diffère peu de celui de l'alcool éthylique. Le traitement répété par la chaux vive éloigne la probabilité de la présence d'acides volatils; mais quelle est l'action de cette chaux vive sur l'alcool, surtout à des températures un peu élevées? Quand on distille l'alcool sur la chaux vive, à une température de 80° à 90° C., le résidu de la distillation est presque incolore, et on peut supposer d'après cela qu'il n'y a pas eu de décomposition. Il en est autrement avec la baryte caustique, qui a été employée par M. Mendelejeff en même temps que la chaux vive; la baryte caustique ne colore pas l'alcool hydraté, mais elle donne à l'alcool anhydre, même à la température ordinaire, une teinte jaunâtre, qui par la chaleur passe à l'orangé; il est plus que probable qu'il se fait ici une décomposition, bien que nous ne sachions pas quels en sont les produits.

On ne doit pas oublier, en outre, que les liquides alcooliques retirés de différentes matières premières contiennent différents autres alcools, dont on ne parvient à les débarrasser, et encore imparfaitement, qu'avec beaucoup de peine, par des distillations fractionnées et des traitements par divers agents. La *certitude* d'avoir affaire à de l'alcool éthylique *chimiquement pur* ne peut

être acquise par aucun moyen, et je ne comprends pas comment M. Mendelejeff, qui n'a opéré que sur une seule et même espèce d'alcool, a pu donner „comme preuve suffisante de la pureté de l'alcool préparé par la chaux, le fait qu'en mélangeant cet alcool avec de l'eau, il obtenait des liquides ayant les mêmes propriétés que lorsqu'il employait, pour composer les mélanges, de l'alcool moins concentré." Quant à nous, pour le motif qui vient d'être indiqué, nous avons fait usage dans nos recherches de deux espèces d'alcool de provenance tout à fait différente; l'un de ces alcools avait, sans aucun doute, été extrait de l'eau-de-vie de grains; l'autre, à ce qu'on m'assura, était un produit de la vigne. Tous les deux avaient été livrés sous le nom d'alcool absolu, et contenaient un peu plus de 1 pour cent d'eau. Cet alcool ne perdit les dernières traces d'eau qu'après une distillation sur du carbonate de potasse fortement desséché et cinq distillations successives sur de la chaux vive; avant chacune de ces opérations, on laissait l'alcool pendant plusieurs jours en contact avec l'agent de déshydratation, dans un endroit chaud, en ayant soin d'agiter de temps en temps. Le liquide qui passait en premier à la distillation n'était pas employé aux expériences, mais servait à rincer trois fois de suite les récipients préalablement séchés (des matras de 200 CC.); la distillation, qui avait toujours lieu au bain-marie, était arrêtée aussitôt que les deux tiers environ de l'alcool avaient passé. Pour les expériences, on ne fit donc usage ni des premières portions distillées, ni des dernières; la remarque de M. Mendelejeff, que probablement, par suite de l'ignorance du fait de la densité supérieure des premiers produits distillés, ses précécesseurs ont trouvé pour l'alcool absolu une densité trop forte, cette remarque n'est par conséquent pas applicable à nos expériences. Je répète ici, d'après mon Mémoire, que l'alcool n'était regardé comme absolu que lorsqu'il continuait à présenter la même densité après deux distillations successives, avant chacune desquelles le produit de la distillation précédente était resté pendant plusieurs jours, à une douce chaleur, dans une cornue fermée avec des bouchons de caoutchouc et remplie de chaux récemment

calcinée. Les nombres obtenus dans une de ces opérations, à 15° C. et par rapport à l'eau également à 15° C., furent:

Alcool avant la distillation	0,7990
Après la distillation sur le carbonate de potasse.	0,7982
Après la 1ère distillation sur la chaux.	0,7979
„ „ 2e „ „ „ „	0,7970
„ „ 3e „ „ „ „	0,7958
„ „ 4e „ „ „ „	0,7953
„ „ 5e „ „ „ „	0,7947
„ „ 6e „ „ „ „	0,7947.

On ne peut pas non plus appliquer à nos expériences une autre observation de M. Mendelejeff (p. 242), savoir, que l'excès de densité trouvé par ses devanciers doit être attribué en partie à ce qu'ils n'ont pas eu égard à l'absorption de l'humidité de l'air, ni à celle de l'air sec lui-même, pendant la distillation et pendant la conservation de l'alcool absolu. Dans nos expériences, l'extrémité recourbée du tube de verre du réfrigérateur de Liebig bouchait presque complétement le col des matras de verre, où il pénétrait de quelques centimètres; ces matras, d'une capacité de 200 CC., se remplissaient en peu de minutes jusqu'à une assez grande hauteur dans le col; ils étaient alors immédiatement fermés avec des bouchons de caoutchouc préalablement bouillis dans une lessive de potasse, dans l'eau et enfin dans l'alcool, de sorte qu'il ne restait tout au plus dans les matras qu'une couple de centimètres cubes d'air. Il serait difficile de comprendre comment de l'alcool ainsi préparé et conservé aurait pu enlever de l'humidité à l'air, ou absorber plus d'air que dans les expériences de M. Mendelejeff, qui, en définitive, a également distillé dans l'air. Le fait de l'absorption de l'air par l'alcool absolu ne m'était d'ailleurs pas inconnu, ainsi qu'on peut le voir dans la cinquième section de mon Mémoire, où je traite de la force élastique de la vapeur de l'alcool.

Comparons maintenant les résultats des différents observateurs concernant la densité de l'alcool absolu. Dans le tableau suivant,

je donne non-seulement les résultats calculés par moi pour la température de 15° C., mais aussi ceux que M. Mendelejeff lui-même a calculés pour 20° C., et cela, à cause du reproche qu'il m'adresse (p. 118, note), sans le motiver toutefois, d'avoir commis mainte erreur dans les réductions et les corrections que j'ai fait subir aux expériences de Fownes. J'ajoute également les chiffres obtenus par M. le professeur R. S. Mc. Culloh, lequel a fait, en 1848, des recherches considérables pour le gouvernement des Etats-Unis de l'Amérique du Nord; ces chiffres, qui m'étaient inconnus à l'époque de mon travail, ont été communiqués dans les *Reports from the Secretary of the Treasury of scientific investigations*, 30 et 31, Congress, Washington, 1848 et 1851. Les recherches de M. Mc. Culloh sont également peu exactes, suivant M. Mendelejeff (p. 119); il ne leur fait même pas l'honneur d'un jugement en règle.

Observateurs.	Densité réduite à 15° C., d'après mon calcul.	Densité réduite à 20° C., d'après le calcul de M. Mendelejeff.
Löwitz	0,7940	0,7899
Richter	0,7950	0,7909
Meissner	0,7940	0,7899
Muncke et Gmelin	0,7940	0,7895
De Saussure	0,7950	0,7909
Gay-Lussac (1816)	0,7941	
„ (1822)	0,7940	0,7898
De Gouvenain	0,7976	0,79348
Delezenne	0,7984	0,79361
Dumas et Boullay	0,7931	
Kopp	0,7970	0,79277
Connell	0,7936	
Pierre	0,8029	0,79777
Drinkwater	0,7938	0,78958
Fownes	0,7938	0,78959
Mc. Culloh	0,7944	
Wackenroder	0,7941	
Pouillet	0,7940	0,7898
Mendelejeff	0,79367	0,78945
Von Baumhauer et Van Moorsel	0,79406 0,79415	0,7899

Je crois que ces chiffres et les noms des observateurs qui les ont obtenus justifient ce que j'ai dit dans mon Mémoire (p. 11): „Il ne peut exister de doute sur la densité de l'alcool absolu; elle ne peut différer notablement de 0,7940 à 15° C., comparée à l'eau au maximum." Cette conclusion est d'ailleurs en parfait accord avec celle de Pouillet (p. 21 de son *Mémoire sur la densité de l'alcool*): „Après cette longue discussion et les expériences qui la terminent, je conclus avec la plus entière conviction que les expérimentateurs qui ne retombent pas sur les nombres de Löwitz et de Gay-Lussac (tous les deux 0,7940 à 15° C.) pour la densité de l'alcool, doivent supposer hardiment qu'ils se trompent, qu'il y a quelque méprise sur la nature du liquide ou quelque cause d'erreur dans la méthode d'observation."

Aussi longtemps que d'autres expériences, d'une exactitude égale ou supérieure, ne seront pas venues démontrer le contraire, je continuerai à croire que, par la déshydratation seule, la densité de l'alcool éthylique, à 15° C. et comparée à celle de l'eau au maximum de condensation, ne peut être abaissée au-dessous de 0,7940, et que les valeurs plus faibles, trouvées par MM. Mendelejeff, Connel, Fownes, Drinkwater et Dumas et Boullay, doivent être attribuées à des impuretés de l'alcool ou à une décomposition partielle subie pendant l'opération de la déshydratation. A ce sujet, j'appellerai encore l'attention sur ce que dit M. Mendelejeff (p. 248): „Je dois faire observer que l'alcool absolu, obtenu à l'aide de la chaux, possède une légère odeur éthérée, qui va en s'affaiblissant à mesure qu'on multiplie les distillations; cette circonstance n'exerce d'ailleurs aucune influence sur la densité de l'alcool, ainsi que je m'en suis assuré expérimentalement." Je n'ai jamais remarqué cette odeur d'éther à l'alcool préparé par nous, et je ne pense pas qu'elle puisse se présenter dans l'alcool parfaitement pur.

Le point d'ébullition de l'alcool absolu a été fixé par différents observateurs aux températures suivantes:

Gay-Lussac (1816)	78°,41	C. à 760mm.
Dumas et Boullay	76 ,6	„ „ „
Yelin	77 ,3	„ „ „
Pierre.	78 ,4	„ „ „
Fownes.	80 ,7	„ „ „
Kopp	78 ,4	„ „ „
Mendelejeff.	78 ,300	à 78,307
Von Baumhauer et Van Moorsel	78 ,38	„ „ „

On voit que M. Mendelejeff trouve de nouveau une valeur un peu plus faible que Gay-Lussac, MM. Pierre, Kopp et nous, dont les résultats convergent tous vers 78°,4.

Pour la dilatation de l'alcool absolu, voici les nombres obtenus par divers savants, tous ces nombres étant rapportés au volume à 0° C., pris pour unité:

Temp.	Gay-Lussac.		Muncke.		Kopp.			Mendelejeff.	v. Baumhauer et v. Moorsel.
	1816	1822	I.	II.	I.	II.	III.		
5°	1,00506	.....	1,005022	1,005150	1,00517	1,00521	1,00530	1,00521	1,0052
10°	1,01016	.....	1,010164	1,010441	1,01043	1,01047	1,01065	1,01049	1,0103
15°	1,01533	1,01472	1,015414	1,015857	1,01574	1,01578	1,01604	1,01585	1,0156
20°	1,02060	.....	1,020749	1,021384	1,02115	1,02118	1,02151	1,02128	1,0210
25°	1,02600	.....	1,026163	1,027007	1,02666	1,02668	1,02706	1,02678	1,0265
30°	1,03151	1,03094	1,031647	1,032713	1,03229	1,03227	1,03270	1,03238	1,0321.

M. Mendelejeff attache un grand prix à l'accord intime qui se manifeste entre ses résultats et la moyenne des trois séries données par M. Kopp, bien qu'il reconnaisse lui-même que l'alcool de M. Kopp n'était pas absolu. Mais, en comparant ces trois séries, on voit clairement que les deux premières possèdent un plus haut degré de probabilité que la troisième, qui s'écarte assez notablement des deux autres. Par rapport à la moyenne de ces

deux premières séries de M. Kopp, nos résultats n'offrent guère de plus grandes différences que ceux de M. Mendelejeff; ils sont intermédiaires d'ailleurs entre ces derniers et ceux de Gay-Lussac.

Enfin, en ce qui concerne la contraction qu'on observe dans le mélange de l'alcool avec l'eau, M. Mendelejeff parvient à la même conclusion qui résultait de nos expériences et de celles de nos prédécesseurs, savoir : que le maximum de contraction a lieu quand les proportions de l'alcool et de l'eau sont celles de 1 molécule $C^2 H^6 O$ pour 3 molécules $H^2 O$, c'est-à-dire, en poids, dans le mélange de 46 pour cent d'alcool et 54 pour cent d'eau. La valeur de cette contraction, à 15° C., serait, d'après M. Mendelejeff, 3,7840, et d'après nos expériences 3,762; en d'autres termes, 53,703 volumes d'alcool et 50,060 volumes d'eau se contractent de manière à ne plus occuper que 100 volumes. Pouillet a calculé la contraction d'après les expériences de Gay-Lussac et trouvé le nombre 3,77; ce résultat tombe entre la détermination de M. Mendelejeff et la nôtre.

Ce qui précède peut suffire pour la partie scientifique de la question, sur laquelle, en ce qui concerne les résultats, les recherches de M. Mendelejeff ne me paraissent avoir jeté aucun jour nouveau. Sa méthode est sans contredit plus exacte que celle de ses devanciers, mais elle n'a conduit à aucune différence de quelque valeur; d'un autre côté, pour ce qui regarde la densité, ses chiffres peuvent, à mon avis, faire naître des doutes sur la pureté de l'alcool absolu dont il s'est servi.

Si nous considérons maintenant la question au point de vue pratique, nous devrons formuler la même conclusion : les expériences exécutées par M. Mendelejeff ont une grande valeur, mais surtout pour avoir levé tous les doutes qui auraient pu subsister

encore relativement à la base sur laquelle repose l'alcoométrie dans les divers pays. Cette base, nous la devons principalement aux recherches de Gilpin, dans le siècle précédent, et aux recherches postérieures de Gay-Lussac; les résultats de ces deux expérimentateurs ne diffèrent entre eux que de ± un dixième pour cent d'alcool (en volume) pour les mélanges à 15° C. ou 15°,55 C. (60° F.), température à laquelle les expériences ont été faites, tandis que, à 0° C. et 30° C., ces différences s'élèvent tout au plus à deux dixièmes pour cent. A cet égard nous avons acquis une certitude complète, depuis que, — grâce à une communication à laquelle la publication de notre travail, en 1860, n'a probablement pas été étrangère, — nous sommes entrés en possession des chiffres officiels d'après lesquels Gay-Lussac avait calculé les valeurs de son *Instruction pour l'usage de l'alcoomètre centésimal*, chiffres dont on ne connaissait jusqu'alors que quelques uns, cités par Berzelius dans la seconde édition de son Traité de Chimie (1828). La communication à laquelle je fais allusion est celle que M. Collardeau a adressée à l'Académie des Sciences de Paris, dans la séance du 18 novembre 1861, et où il donne les densités des mélanges d'alcool et d'eau à 15° C. (l'eau à 15° C. = 1) pour chaque centième en volume d'alcool, densités empruntées à la table officielle de Gay-Lussac. Comme Berzelius, auquel Gay-Lussac avait certainement communiqué les chiffres en question, ne parle que des mélanges renfermant 30 à 100 pour cent d'alcool en volume, on peut toutefois se demander si Gay-Lussac a bien expérimenté sur des mélanges plus pauvres, et si, au-dessous de 30 pour cent, il n'a pas déduit ses chiffres des expériences de ses devanciers. M. Mendelejeff non plus n'a pas fait de déterminations au-dessous de 32 pour cent en volume, sauf une, à environ 12 pour cent, qui confirme les résultats de Gilpin, de Drinkwater et les nôtres.

Pour nos recherches, deux séries de mélanges ont été faites, à l'aide des deux espèces d'alcool dont j'ai parlé ci-dessus. Les 19 mélanges qui composaient chaque série, et dont la richesse augmentait progressivement d'environ 5 pour cent, furent préparés

le même jour, à la suite les uns des autres, et par conséquent dans les mêmes conditions. Voici comment on s'y prit. Un flacon rempli d'alcool absolu était placé dans de l'eau maintenue à 15° C.; ce flacon était fermé par un bouchon de caoutchouc percé de deux ouvertures, dans l'une desquelles était fixé un tube à chlorure de calcium, pour préserver l'alcool de l'humidité de l'air, tandis que l'autre livrait passage à un siphon, qui communiquait avec une pipette dont la capacité avait été exactement divisée au moyen du mercure. A l'aide de cet appareil, on mesura successivement 95, 90 à 5 C.C., d'alcool, dans des matras d'une contenance d'au moins 100 CC., qui avaient été préalablement bien séchés, fermés avec des bouchons de caoutchouc et pesés exactement; aussitôt après l'introduction du liquide, ces matras étaient rebouchés et soumis à une nouvelle pesée. Le flacon d'alcool fut alors remplacé par un flacon rempli d'eau distillée, bien bouillie, puis refroidie dans le vide, flacon qu'on maintint également à une température de 15° C. pendant toute la durée de l'opération. On introduisit ensuite, de la même manière que ci-dessus, 5, 10 à 95 d'eau dans les matras, et, ceux-ci ayant été bouchés immédiatement, on en détermina de nouveau le poids avec soin. Ce ne fut que le jour suivant, après que les matras avaient été secoués toutes les demi-heures, que nous commençames les déterminations de densité; comme nous ne visions pas à une exactitude plus grande que celle de la quatrième décimale, le grand cône de verre dont nous nous étions servis pour la détermination de la densité de l'alcool absolu, fut remplacé ici par un cône plus petit, mesurant environ 13 CC. Les résultats directs de nos pesées ont été communiqués dans mon Mémoire. C'est à dessein que nous n'avons pas exécuté nous-mêmes les calculs auxquels ces résultats donnaient lieu: nous devons ces calculs et les interpolations nécessaires à la complaisance de M. le Dr. H. C. Dibbits, aujourd'hui professeur à l'Ecole moyenne du degré supérieur d'Amsterdam. Qu'une erreur ait pu se glisser dans l'une ou l'autre des 152 pesées que comprennent nos 38 déterminations, c'est ce que je ne veux certainement pas contes-

ter. Mais, si l'on compare nos résultats avec ceux des autres observateurs et avec ceux de M. Mendelejeff lui-même, qui a poussé l'exactitude des déterminations beaucoup plus loin que nous ne l'avions jugé nécessaire, on voit qu'il existe le plus souvent un accord parfait; dans un petit nombre de cas on trouve une différence de *un* dixième pour cent en volume, et une fois seulement, savoir, pour le mélange d'environ 46 pour cent d'alool en volume ou 39 pour cent en poids, cette différence s'élève à *deux* dixièmes d'un pour cent d'alcool en volume. Un degré supérieur d'exactitude, non-seulement n'est pas exigé, mais encore je pense qu'il sera difficilement atteint dans des recherches ultérieures.

J'accorde volontiers à M. Mendelejeff la satisfaction d'avoir obtenu des résultats plus rapprochés de ceux de Gilpin que ceux de Gay-Lussac et les nôtres (p. 274); mais je lui conteste le droit de comparer, ainsi qu'il le fait à l'endroit cité, ses nombres avec ceux de Gilpin, de Drinkwater et de Gay-Lussac *dans la supposition* que l'alcool normal de Gilpin contenait, non 89,2 pour cent, comme l'avait calculé Tralles, mais 89,06 pour cent en poids d'alcool absolu, et que l'alcool de Gay-Lussac renfermait 0,11, celui de Drinkwater 0,047 pour cent en poids d'eau, et n'étaient donc pas anhydres comme nous l'avons admis précédemment.

Une preuve tout à fait concluante en faveur de l'opinion que je soutiens, savoir, que la poursuite d'une exactitude extrême dans la détermination des densités des mélanges d'alcool et d'eau ne conduit à aucun résultat, est fournie par M. Mendelejeff lui-même, à la dernière page de son Mémoire, où, après avoir donné un tableau de la densité des mélanges de 5 en 5 pour cent à 0°, 10°, 20° et 30° C., il ajoute: „A l'aide de ces chiffres, déduits directement de l'expérience, on a calculé par interpolation le tableau suivant." Or, que voit-on en comparant ces deux tableaux? Que les différences entre les chiffres trouvés et les chiffres calculés dépassent plus d'une fois 0,0001 et même 0,0002, comme pour le mélange de 40 pour cent en poids à 20° C., où l'on a trouvé 0,93511 et calculé 0,93536, différence de plus de

$\frac{2}{10}$ pour cent en volume. Une fois même, la différence s'élève à plus de 0,0003, savoir pour le mélange de 30 pour cent à 0° C., où l'expérience a donné 0,96540 et le calcul 0,96508, résultats dont la différence équivaut presque à $\frac{3}{10}$ pour cent en volume. Quant à la grande différence qui correspond au mélange de 80 pour cent à 10° C., savoir 0,82515 à 0,85210, elle doit être attribuée à une faute d'impression, qui se rencontre aussi bien dans le mémoire russe de M. Mendelejeff (p. 115), que dans l'extrait donné par les Annales de Poggendorff (p. 279).

En résumé, de tout ce qui précède je crois pouvoir conclure que les recherches de M. Mendelejeff, bien qu'ayant une grande valeur intrinsèque et méritant toute notre reconnaissance, n'ont fait que confirmer les résultats de ses devanciers, et qu'il n'existe par conséquent aucun motif d'apporter quelque changement aux tables que j'ai construites dans le temps pour l'administration néerlandaise. Au sujet de l'emploi de ces tables à l'étranger, je répéterai ici ce que j'ai dit dans l'avant-propos de l'édition officielle (p. 15): „En France, en Belgique et en Allemagne, pour la perception de l'accise, la force des liquides alcooliques est calculée, de même que dans les tables suivantes, en centièmes de volume d'alcool pur: en France et en Belgique d'après l'alcoolomètre de Gay-Lussac et à la température normale de 15° C., en Allemagne d'après l'alcoolomètre de Tralles et à la température normale de $12^\circ\frac{4}{9}$ R. ($15^\circ\frac{5}{9}$ C.). Bien que les densités d'où l'on est parti dans la construction de ces alcoolomètres diffèrent légèrement, dans quelques cas, de celles qui ont servi de base au calcul de nos tables, la plus grande différence ne s'élève pourtant, et encore ça et là seulement, qu'à 2 — 3 dixièmes pour cent; on peut donc, au moins pour les calculs ordinaires, regarder les indications de ces alcoolomètres comme égales à celles de nos tables, les unes et les autres à la température de 15° C."

UNE NOUVELLE ESPÈCE D'ARGOSTEMMA,

CONTRIBUTION A LA

FLORE DE L'INDE NÉERLANDAISE;

PAR

M. **W. F. R. SURINGAR.**

(Lu à la séance de l'Académie Royale des Sciences, du 30 Janvier 1869.)

ARGOSTEMMA COENOSCIADICUM.

Descr: CAULIS herbaceus $1\frac{1}{2}$ decim. altus *basi radicans suberectus* teres praesertim superne pilosus. FOLIA par paria 7 — 8 *opposita inter se aequalia, longiuscule* (ad. 2 cm) *pedicellata ovato-lanceolata*, longitudine (4 — 6 cm) latitudinem bis superante, infima minora caduca, *suprema approximata* breviter pedicellata basi rotundata, omnia *in pagina superiore* et *subtus in nervis dense hirsuta*, pilis erectis plus minus incurvis rigidiusculis albis; *stipulae* interpetiolares e basi dilatata cum pedicellis cohaerente *late ovatae, saepius acutiusculae s. breviter acuminatae* latitudine longitudinem subaequante *glabrae ciliatae.* UMBELLA terminalis *sessilis definita composita multiflora* foliis (hoc loco minoribus) et stipulis (hoc loco majoribus) involucrata 4-*radiata*, radiis $2\frac{1}{2}$ cm longis *umbellulis* itidem *definitis* 4—8 *floris*, terminali majore, involucellorum foliolis parvis (2 mm.) late ovato-acuminatis v. acutis, pedunculis 3—5 mm. longis. FLORES *pentameri.* CALYX *cum pedunculis dense lanato-pilosus*, pilis longis cripulis patentissimis, *lobis parvis late-ovatis acutis vel acutiusculis.* COROLLA *rotato-infundibuliformis quinquefida* alba, *laciniis ovato-lanceolatis acutiusculis* extus sparse pilosis. STAMINA imo fundo corollae inserta, filamentis brevibus, *antheris* in conum concretis *rostratis* basi rimis longitudinalibus introrsum dehiscentibus. DISCUS *planus.* STYLUS filiformis tubo antherarum inclusus, stigmate vix exserto capitato. OVARIUM inferum 2-loculare placentis reniformibus carnosis septi superiori parti affixis multi-

ovulatis; ovulis hemitropis. (Fructus ante maturitatem deciderunt).

Floruit in Horto Lugduno-Batavo ubi sponte provenerat e terra cum aliis plantis ex horto Bogoriensi insulae *Javae* allata.

L'espèce qui vient d'être décrite appartient à un genre peu nombreux mais remarquable de la famille des *Cinchonacées*, composé de petites plantes herbacées, et dont les feuilles opposées montrent dans certaines espèces la même particularité qui est propre aux *Mélastomacées*, savoir l'inégalité de grandeur des feuilles de la même paire, tandis que les fleurs largement ouvertes et les anthères conniventes en cône et parfois soudées entre elles rappellent le genre *Solanum*. L'inflorescence, qui constitue en général une cyme, s'allonge parfois sous forme d'épi, mais, le plus ordinairement, se contracte en forme d'ombelle ou de corymbe. Dans notre espèce on trouve une ombelle composée, dont l'ombellule centrale se développe avant les autres, de même que, dans chaque ombellule considérée à part, c'est la fleur centrale ou terminale qui s'ouvre la première; l'inflorescence est donc une *ombelle définie composée*, caractère auquel est emprunté le nom spécifique *coenosciadicum*.

Lorsque Wallich établit, en 1824, le genre *Argostemma*, il en décrivit quatre espèces, auxquelles Blume ne tarda pas à en ajouter quatre autres, originaires de Java. En 1838, Bennet fit une nouvelle étude du genre: 21 espèces furent énumérées, dont une de la côte occidentale de l'Afrique tropicale, et toutes les autres de l'Inde. Parmi celles-ci, le nombre des espèces javanaises s'était accru d'une unité; cinq autres espèces avaient été découvertes, également par Horsfield, à Sumatra; une, par Al. Brown, à Bornéo. Dans la *Flora van Neerl. Indie* de M. Miquel se trouvent encore décrites trois espèces nouvelles, toutes de Sumatra, et dont deux recueillies par Junghuhn, une par Korthals; en outre, ce dernier explorateur avait déjà décrit lui-même, antérieurement, une autre espèce qu'il avait observée dans le même pays. Nos possessions des Indes orientales ont donc fourni la majorité des espèces: Sumatra seule en compte 14, d'après l'ouvrage de M. Miquel, cité ci-dessus. Elles croissent pour la

plupart, ainsi que Horsfield l'a fait remarquer, dans les forêts des montagnes, à une altitude de 5 à 7 mille pieds au-dessus du niveau de la mer.

Parmi les espèces déjà décrites, l'*A. coenosciadicum* doit venir se placer auprès de celle qui a été recueillie à Java par Blume, Horsfield et Reinwardt, et que le premier de ces savants a fait connaître sous le nom de *A. montanum* [1]). Il s'en distingue avant tout par l'ombelle, qui est composée et riche en fleurs (non simple, à 4 — 6 fleurs), et par le défaut de développement des articles supérieurs de la tige, ce qui a pour résultat que les feuilles supérieures sont très rapprochées et que l'inflorescence (sessile) succède immédiatement aux feuilles. Ensuite, les feuilles sont en général plus grandes, plus larges relativement à leur longueur, plus ovées et, surtout les supérieures, arrondies à la base. Les stipules sont dans l'*A. montanum* BL. plus oblongues et plus obtuses; dans l'*A. coenosciadicum* plus larges, parfois aussi larges que longues, et, près des feuilles médianes, presque aiguës ou acuminées. Dans cette dernière espèce les fleurs sont un peu plus petites, les lobes du calice relativement plus larges, presque deux fois plus courts; en outre, le bec des anthères, qui dans l'*A. montanum* BL. forme environ la moitié de la longueur totale de l'anthère, est ici habituellement un peu plus court, égal à $\frac{1}{3}$ de l'anthère. Sous certains rapports, il y a donc plus d'analogie avec l'*A. pauciflorum* BL., qui doit en effet être regardé comme s'en rapprochant le plus, bien que son inflorescence très pauvre (1 — 3 fleurs) et ses feuilles membraneuses et transparentes lui donnent un aspect tout différent.

En ce qui concerne les poils, les feuilles de l'*A. montanum* BL. ont été décrites (Bennet, dans Horsfield *Pl. jav. rar.*, p. 92, tab. 22) comme à poils écartés, et la figure n'en montre même pas du tout sur les feuilles; tandis que notre plante se fait remarquer au premier coup d'œil par ses poils serrés et dressés. Toutefois, j'ai reconnu que les différents échantillons d'*A. mon-*

[1]) L'*A. boragineum* BL. se distingue immédiatement par l'inflorescence, qui n'est pas en cyme *ombelliforme* mais en cyme *corymbiforme*, ensuite par la forme et la grandeur des feuilles, etc.

tanum s'éloignent assez notablement les uns des autres quant à la proximité plus ou moins grande des poils, et que plusieurs se rapprochent même beaucoup, sous ce rapport, de l'*A. coenosciadicum*; en outre, dans la figure citée de l'*A. montanum*, les pédoncules et le calice sont représentés, il est vrai, avec des poils couchés; mais, en réalité, les échantillons que j'ai consultés étaient pourvus, de même que l'*A. coenosciadicum*, de poils longs, dressés, un peu crépus. Etudiés isolément, au microscope, les poils n'offrent aussi aucune différence de l'une à l'autre des deux espèces. Dans l'*A. pauciflorum* au contraire (où la feuille est en outre plus membraneuse et plus transparente) les poils se distinguent par un plus grand diamètre, tandis que dans l'*A. Teysmanniamum* MIQ., par exemple, ils ne sont pas seulement plus courts et plus minces, mais aussi, au lieu d'être élargis à la base, un peu rétrécis en ce point.

Explication de la Planche IV.

1. Port de la plante, grandeur naturelle.
2. Une partie de la tige, avec une couple de feuilles et de stipules: les stipules, dirigées en avant, ont, à dessein, été redressées légèrement, afin d'en faire voir la forme.
3. Poils de la feuille, grossis 20 fois.
4. Fleur vue de côté, avec bractéoles.
5. " " en dessus.
6. Calice vu en dessus, avec le disque.
7. Corolle coupée verticalement, avec l'insertion des étamines.
8. Coupe longitudinale du calice et de l'ovaire.
9. " " trois fois grossie, perpendiculaire à la cloison.
10. " " parallèle à la cloison.
11. Coupe transversale de l'ovaire.
12. Colonne des étamines; en haut, le stigmate fait saillie.
13. Etamine vue en dedans.
14. " " de côté.
15. Deux étamines unies, vues en dedans.
16. Ovules grossis 70 fois.

Fig. 1, 2, 4—8 grandeur naturelle. Fig. 9—15 grossies trois fois.

DEUX NOUVEAUX GENRES

DE

CRUSTACÉS VIVANT EN PARASITES SUR DES POISSONS,

— EPICHTHYS *et* ICHTHYOXENOS —

PAR

J. A. HERKLOTS.

Un des groupes les plus remarquables des Crustacés est sans contredit celui que forment les genres parasites des Cymothoadiens. Leur histoire biologique a été peu ou point étudiée, et, quant à leur manière de vivre, nos connaissances se réduisent presque à savoir qu'ils habitent sur des poissons, fixés à la peau ou aux branchies, ou, très rarement, dans la cavité buccale.

Cette existence parasite, uniquement et exclusivement sur des poissons, jointe à une analogie singulière d'aspect et d'organisation extérieure, fait de ces animaux un groupe des plus naturels.

Les caractères tirés des dimensions du thorax et de l'abdomen, de la forme du front, de la conformation des pattes et du rapport entre la longueur et la largeur du dernier segment, ont suffi jusqu'ici pour réunir les formes relativement peu nombreuses en genres nettement limités.

La distribution de Leach, — qui le premier assigna aux Isopodes, rapportés avant lui aux Insectes, leur place parmi les Crustacés, — fondée sur ces caractères, a passé dans tous les systèmes postérieurs, le plus souvent modifiée seulement par la réunion ou la séparation de certains genres; M. Milne Edwards et, après

lui, M. Bleeker furent les seuls qui ajoutèrent chacun un nouveau genre à ceux qui étaient déjà connus.

Là où se rencontre une pareille stabilité de la classification, on doit l'attribuer à une de ces deux causes: ou bien la majorité des formes existantes est connue, ou bien il y a arrêt dans les recherches. Dans le cas actuel, je pense que la dernière cause est la véritable.

En effet, après M. Milne Edwards, on n'a décrit qu'un petit nombre d'espèces; une série de quinze espèces nouvelles, telle que celle dont nous devons la connaissance à notre savant compatriote, M. Bleeker, est un fait absolument unique.

Mais, ce qui est encore plus significatif que le nombre presque stationnaire des espèces, c'est le résultat auquel on arrive quand on étudie les échantillons non déterminés qui se trouvent déjà dans les collections. A chaque pas, on rencontre des formes qui, tout en présentant la plupart des caractères d'un certain genre, en diffèrent complétement sous d'autres rapports.

Ce résultat indique en outre la nécessité de modifier les diagnoses des genres existants; mais, pour ce travail, les matériaux recueillis, du moins ceux qui ont été rendus accessibles, ne suffisent pas encore.

Comme preuve de ce qui vient d'être dit, et peut-être aussi comme pouvant avoir quelque utilité pour le changement reconnu nécessaire dans la classification, je me propose de donner ici la description d'une couple de Cymothoadiens, faisant partie de la collection du Musée de l'Etat, à Leyde.

Le tableau que donne M. Milne Edwards de la distribution de ses Isopodes Cymothoadiens parasites — qu'il ne faut pas confondre avec les Isopodes parasites de M. Harting — sépare d'abord les formes où les segments abdominaux sont fixés ou soudés entre eux et par conséquent immobiles. Son genre *Ourozeuktes*, qui ne comprend que l'*Ourozeuktes Owenii*, est isolé par ce caractère.

Tous les autres genres ont les segments de l'abdomen parfaitement distincts et mobiles. A cette catégorie appartient aussi un de nos échantillons.

Il a, de plus, la base de l'abdomen presque aussi large que l'extrémité postérieure du thorax, et est dépourvu de prolongements spiniformes sous les angles latéraux des anneaux de l'abdomen. Le front est reployé en dessous et forme un écusson entre la base des antennes. L'abdomen est assez grand et ne se rétrécit que peu vers l'extrémité postérieure.

D'après ces caractères nous aurions affaire à une espèce du genre *Anilocra* de Leach, et, comme les appendices abdominaux postérieurs sont à peu près d'égale grandeur, elle appartiendrait au genre *Canolira* du même auteur, qui toutefois n'est pas adopté comme tel par M. Milne Edwards, mais seulement comme section.

Mais la comparaison des autres caractères génériques montre tant de différences, qu'il n'est pas possible de réunir cette espèce avec les autres Anilocres sous une seule et même diagnose générique. La description détaillée de l'échantillon mettra ces différences en pleine lumière et justifiera l'établissement d'un nouveau genre, bien qu'il soit impossible, l'espèce étant unique, de séparer les caractères génériques et spécifiques, et, par conséquent, de formuler une diagnose générique.

Epichthys giganteus.

Le corps de ce plus grand de tous les Cymothoadiens connus est très allongé, à bords latéraux très légèrement arqués; la plus grande largeur tombe sur le cinquième anneau thoracique et n'atteint pas même le tiers de la longueur, tandis que cette largeur ne diffère que peu, eu égard à la longueur, de celle du premier anneau thoracique et de celle de l'abdomen mesuré dans sa partie la plus étroite. Par contre, le corps est fortement convexe, car la plus grande hauteur, qui tombe également sur le cinquième anneau thoracique, est égale à un peu plus de la moitié de la largeur, sur une longueur quatre fois et demie plus grande, non compris le dernier segment abdominal.

Le tête est large, mesurant à sa base presque la moitié de

la largeur du premier segment, sur une longueur égale aux trois quarts de sa largeur; elle est arrondie aux côtés, régulièrement convexe, avec une éminence transversale sur le vertex et des yeux très grands, ronds, à cornée lisse chez les individus adultes. En avant des yeux le bord céphalique s'infléchit en dedans, au-dessus des larges antennes, puis, se continuant dans le bord frontal, il se dirige de nouveau en dehors. Le front, vu en dessus, se termine par un bord ou une crête bien distincte et légèrement échancrée au milieu; sa face plane montre une légère impression; en dessous il se prolonge, entre les antennes, en une languette triangulaire; c'est l'écusson triangulaire ordinaire, qui a ici une largeur égale au tiers de celle de la base de la tête et une longueur égale aux deux tiers de sa largeur, et qui s'étend jusque sur le bord antérieur du premier article des antennes de la seconde paire.

Les antennes de la première paire ont leur base cachée sous la partie réfléchie du front. Elles sont courtes et n'atteignent pas, le long des côtés, le bord postérieur du premier segment thoracique. Elles se composent de huit articles, dont le second et le troisième sont élargis en dedans, c'est-à-dire en avant, et arrondis au bord antéro-interne. Ces deux articles, joints au premier qui, bien que non élargi, a la même épaisseur que les deux suivants, forment en quelque sorte une tige, sur laquelle sont implantés les cinq autres articles, plus minces, plus arrondis et de grandeur régulièrement décroissante.

Les antennes de la seconde paire sont beaucoup plus longues et atteignent, étendues le long des côtés du thorax, le milieu du deuxième segment thoracique. Elles se composent de dix articles, dont les quatre premiers sont très élargis, et dont les autres deviennent successivement plus étroits et décroissent régulièrement en longueur.

Les parties de la bouche sont, pour autant que j'ai pu les étudier, conformes à celles du genre *Cymothoa*; extérieurement, les pattes-mâchoires se présentent sous forme de lames rectangulaires recouvrant la cavité buccale et s'appliquant contre la lèvre

supérieure, qui est grande, saillante et semi-circulaire, tandis que les côtés sont occupés par les grands palpes tri-articulés des mandibules.

Le premier anneau du thorax est aussi long que les deux autres pris ensemble; il a le bord antérieur un peu échancré au milieu, et des deux côtés, le long de la tête, il se prolonge en lobes qui s'avancent jusque vers le milieu des yeux; ses bords latéraux se dirigent, avec une courbure rapide à la hauteur des lobes et ensuite plus douce, vers le bord postérieur fortement courbé et un peu échancré au milieu, avec lequel ils forment des angles aigus à sommet arrondi. Le deuxième anneau thoracique est le plus court; les suivants sont successivement plus grands jusqu'au sixième, qui est le plus grand de tous et mesure plus du double de la longueur du septième ou dernier.

Les boucliers dorsaux des deux premiers segments sont coupés postérieurement à angle droit, ceux des trois suivants sont successivement plus arrondis, à bord latéral s'écartant en arrière et en dehors; le sixième a le bord latéral plus droit et l'angle postérieur droit et arrondi, tandis que dans le septième une incision le partage en deux parties, dont celle de derrière forme avec le bord postérieur recourbé en arrière, un angle aigu, en donnant ainsi naissance à un prolongement pointu.

Le bord postérieur du second et du troisième segment est aussi légèrement échancré sur le dos; le quatrième jusqu'au sixième segment ont le bord postérieur droit; dans le dernier segment, ce bord, arrivé aux côtés, se recourbe en arrière sous forme de pointe.

Les épimères sont grands: celui du second segment s'étend en arrière plus loin que le bord latéral de ce segment; ceux des troisième, quatrième et cinquième segments se prolongent de moins en moins loin, de sorte que le bord latéral du cinquième segment reste à moitié découvert.

Les épimères de ces segments s'avancent toutefois chacun d'autant plus en avant, que celui qui précède se prolonge moins en arrière, de sorte qu'ils forment à eux seuls le bord du thorax.

La forme des deux premiers est en languette allongée, à bord postérieur large et obtus; le troisième devient déjà plus pointu à l'extrémité, et cette forme s'accuse de plus en plus dans les épimères suivants.

L'abdomen est relativement court et n'atteint pas la longueur des sixième et septième segments thoraciques réunis. Il se montre comme partagé en quatre régions; le milieu s'élève en une carène large, obtuse et arrondie, sur laquelle le bord postérieur des cinq premiers segments est légèrement échancré; de chaque côté, le bord postérieur se dirige un peu obliquement en arrière, puis il s'infléchit pour passer dans les pièces latérales descendantes, et cette inflexion forme de nouveau une espèce de carène.

Le premier anneau, caché presque entièrement sous le thorax, est régulièrement arrondi au bord postérieur sur toute la face dorsale, et ne s'étend, sur les côtés, que peu en dehors et en dessous. Les segments suivants ont des pièces latérales de plus en plus longues, sauf le cinquième, qui est coupé presque en ligne droite sur la face dorsale et ne descend que peu sur les côtés. Le dernier segment consiste en un anneau bien distinct, qui s'élargit aux côtés pour l'insertion des appendices latéraux, et auquel est attaché le pygidium, dont un sillon profond le sépare. La lamelle est ovoïde pointue, sa largeur dépasse le tiers de sa longueur, et son milieu est occupé par une carène qui, large à l'origine, s'efface avant d'avoir atteint l'extrémité. Elle se compose d'une partie antérieure, dont l'aspect ressemble tout à fait à celui des téguments du corps, et qui se termine en arrière, sur la ligne médiane, par une pointe obtuse; et d'une partie postérieure, qui est plus membraneuse et a de l'analogie avec les fausses pattes.

Les pattes sont toutes ancreuses et toutes de même forme. Le fémur est comprimé latéralement, et au côté externe il est pourvu d'un bord relevé ou crête, un peu courbé d'arrière en avant, le long duquel s'étend, au côté postérieur, un sillon plus ou moins profond, dans lequel se retire le tarse. La hauteur de cette crête, ainsi que la largeur et la profondeur du sillon, augmentent de

la première à la dernière paire de pattes, de sorte que déjà les cuisses de la quatrième paire possèdent un troisième côté et sont triquètres. Le bord antérieur relevé du sillon forme dans les trois dernières paires de pattes une saillie, petite dans les cinquième et sixième paires, grande et inclinée en avant dans la dernière.

Les pattes augmentent successivement de longueur, mais la dernière paire dépasse les autres de plus d'un tiers; cet accroissement porte presque entièrement sur le tibia et le tarse, la longueur du fémur étant presque la même que dans les paires précédentes.

Des pattes abdominales, celles des cinq premières paires sont grandes, ovales, celles de la cinquième paire froncées sur la face supérieure. Les fausses pattes de la sixième paire sont très grandes, implantées au bord antérieur du segment, et terminées en deux appendices longs et étroits, dont l'extérieur est falciforme, tandis que l'intérieur, qui est le plus long, a une forme ovale très allongée. Ils dépassent, bien que de très peu, le bord postérieur du dernier article.

Les deux individus qui se trouvent au Musée de Leyde sont du sexe femelle. Leur poche incubatrice est formée par de très grands appendices ovales des cinq premières pattes thoraciques: la lame la plus externe, qui naît en avant des pattes de la sixième paire, s'étend en largeur jusqu'à la moitié des pattes repliées du côté opposé, en longueur jusqu'en avant des pattes de la cinquième paire et jusqu'au bord antérieur des appendices abdominaux.

La poche incubatrice était occupée par de jeunes individus, chez lesquels on observe, de même que dans d'autres Cymothoadiens, une forme larvaire; la ressemblance avec les Anilocres est ici moins frappante, à cause de la plus grande largeur du thorax. Nos connaissances relativement aux larves observées sont si restreintes et si imparfaites, que je ne suis pas à même de faire ressortir, par une description comparative, les caractères précis qui distinguent les jeunes de l'*Epichthys giganteus*. Je

dois donc me borner, pour le moment, à une courte description isolée.

La tête est très grande, avec des yeux agglomérés, réunis en taches oculaires ovales; les antennes sont plus longues que chez les individus adultes et composées d'articles non élargis. Le thorax est très large et compte six anneaux, dont le deuxième est le plus large et dont les suivants diminuent peu a peu en largeur, de sorte que l'ensemble du thorax et de la tête a une forme ovale élargie.

L'abdomen compte six articles, de longueur à peu près égale; en largeur il concorde avec le dernier segment thoracique, et il conserve cette dimension transversale sur toute sa longueur. Le dernier article est onguiforme, de grandeur moyenne, et a des appendices étroits, plus de deux fois aussi longs que l'article lui-même. Les pattes sont très longues, minces, nulle part élargies ou épaissies, pourvues d'ongles longs et peu courbés, et ne montrant pas encore les caractères de pattes ancreuses. La tête et les bords latéraux du thorax et de l'abdomen sont colorés en violet foncé, et la même couleur, en teinte claire, recouvre le corps entier.

La patrie de cette espèce ne m'est pas connue avec certitude, pas plus que l'espèce de poisson sur laquelle elle vit; il est probable toutefois qu'elle habite l'archipel des Indes.

Ses dimensions sont les suivantes:

longueur	totale	95'''
„	de la tête	9'''
„	du thorax	49'''
„	de l'abdomen	36'''
„	du dernier segment abdominal	24'''
largeur	au cinquième anneau thoracique	29'''
„	„ sixième anneau abdominal	19'''

Si l'*Epichthys*, qui vient d'être décrit, paraissait au premier abord, par beaucoup de ses caractères, appartenir aux *Anilocres*, l'autre espèce que nous avons maintenant à considérer se rapproche le plus du genre *Ourozeuktes* M. Edw., le seul de la division à segments abdominaux soudés.

Ce n'est pas, il est vrai, dans les caractères propres à ce genre que l'analogie se manifeste principalement; mais tout l'aspect extérieur indique clairement une affinité plus étroite avec ce groupe générique qu'avec tous les autres, et la description montrera qu'on peut en effet saisir, entre les deux formes, bien des traits de famille.

M. Milne Edwards n'avait pour sa description que des individus femelles; ayant eu à ma disposition l'un et l'autre sexe, je pourrai donner une caractéristique plus complète.

Ichthyoxenos Jellinghausii.

Chez les individus mâles le corps est très légèrement convexe, ovale-allongé; la largeur est assez considérable, relativement à la longueur, vu qu'elle s'élève à un peu plus de la moitié de cette dernière. La tête est petite, triangulaire-élargie, longue des deux tiers de sa largeur; le front s'étend en avant et recouvre les premiers articles des antennes; il est un peu défléchi, mais non reployé.

Les antennes sont courtes et subulées; la paire antérieure, qui est un peu plus courte que l'autre et atteint à peine le bord postérieur des yeux, se compose de huit articles cylindriques, courts et épais; la seconde paire est plus déliée, s'étend à environ un tiers du bord latéral du premier anneau thoracique et montre dix articles. Les yeux sont très visibles, ovales, granulés et situés, à une grande distance l'un de l'autre, aux côtés de la tête.

Le thorax est ovale, sa plus grande largeur est égale à la distance de l'extrémité antérieure de la tête à son bord postérieur, mesurée sur la ligne médiane. Sur la face dorsale le premier anneau thoracique est le plus long; les suivants diminuent suc-

cessivement de longueur. En largeur, il y a accroissement du premier au troisième anneau, de sorte que les anneaux forment un arc continu et que la plus grande largeur du corps correspond au troisième; au-delà, les anneaux diminuent un peu de largeur, de façon que le dernier anneau thoracique n'a plus qu'environ les deux tiers du troisième.

Le bord antérieur du premier anneau présente au milieu une échancrure profonde, dans laquelle est logée la tête, et comme l'anneau entoure aussi les côtés de la tête, jusqu'au delà du bord postérieur des yeux, il est plus ou moins courbé en fer à cheval: le bord postérieur forme un arc de cercle, qui, sur la ligne médiane, se prolonge en pointe plus ou moins distincte. Le deuxième anneau a un bord postérieur qui n'est que peu courbé à la surface du dos, et un bord latéral qui se dirige en avant avec une faible arqûre. Dans le troisième, le bord postérieur est droit ou même un peu infléchi en avant au milieu, avec des angles latéraux arrondis.

Dans les anneaux suivants cette inflexion du bord postérieur se prononce davantage, de sorte que le sinus sur le dos devient de plus en plus grand et que les anneaux s'élargissent de plus en plus sur les côtés; l'échancrure du dernier anneau mesure un tiers de la distance des extrémités de cet anneau, et elle enveloppe plus de la moitié de l'abdomen, l'article terminal non compris.

Les épimères du second et du troisième anneau forment de simples bordures, qui sont étroites et occupent tout le côté de l'anneau: aux anneaux suivants, ils se montrent sous forme de tubercules, dans les incisions qui séparent les segments, au bord antérieur du segment auquel ils appartiennent.

L'abdomen, bien que se détachant distinctement, n'est pas beaucoup plus étroit que le dernier anneau thoracique; il a les bords presque parallèles et ne se rétrécit pas vers l'extrémité. Son premier anneau est recouvert sur les côtés par les parties latérales, rejetées en arrière, du dernier anneau thoracique; les autres anneaux sont tout à fait libres. Ils sont courts, régulièrement infléchis en arrière sur les côtés, et à sinus dorsal de plus

en plus effacé. Sur la partie médiane de la face dorsale des segments abdominaux s'élève une carène bien distincte, qui, sur le premier article, occupe toute la largeur entre les ailes latérales du dernier segment thoracique, et, sur le dernier article, se termine en une espèce de tubercule. Le dernier anneau abdominal a le bouclier dorsal onguiforme et les bords libres un peu rabattus, ce qui le fait paraître cordiforme.

A la face inférieure on voit les pattes, qui sont de grandeur moyenne et toutes pourvues d'ongles en crochet; le premier article du tarse est plus grand et plus épais que les autres, mais non élargi. Repliées, c'est-à-dire amenées dans leur position naturelle, les pattes ne laissent voir qu'une très petite partie des anneaux thoraciques; de ceux-ci, le troisième et le quatrième sont les plus longs, et le dernier possède deux appendices en forme de mamelons, qui sont partagés sur la ligne médiane par une scissure distincte, s'étendant à une profondeur égale aux deux tiers de la longueur de l'organe.

Les appendices foliacés des pattes abdominales sont entièrement recouverts par les deux appendices juxtaposés du premier anneau; ils sont oblongs, terminés en pointe arrondie; la membrane de l'avant-dernier anneau n'est pas froncée.

Les appendices du dernier article sont de même longueur, dépassant un peu le bouclier, lancéolés-aigus.

Les individus femelles ont presque le double de la taille des mâles. La largeur du corps est égale aux deux tiers de sa longueur; il a une forme assez régulièrement ovoïde et est plus convexe sur le dos.

La tête, proportion gardée, est semblable à celle du ♂; les antennes sont plus courtes, les antérieures atteignent la moitié des yeux, les postérieures dépassent les yeux très légèrement; leurs premiers articles sont cachés par la saillie du front.

Les parties de la bouche sont situées plus en avant, mais du reste conformées d'après le type fondamental des Cymothoadiens.

Les anneaux du thorax ont sur la ligne médiane du corps les mêmes rapports de longueur que chez le ♂, mais, quant à la forme, elle n'est semblable que pour le dernier anneau.

Le premier, large et cernant entre ses prolongements tronqués la tête jusqu'au bord inférieur des yeux, a les bords latéraux droits, et le bord postérieur presque droit ou courbé très légèrement en arrière. Le bord postérieur du second anneau est droit; le troisième montre une faible courbure en arrière, et les suivants sont de plus en plus courbés en ce sens, de même que chez le ♂, mais avec un développement plus prononcé des pièces latérales, de sorte que les prolongements latéraux du dernier segment thoracique ne recouvrent pas seulement le premier anneau abdominal, mais s'étendent jusque sur le troisième.

Les épimères sont tous analogues à ceux des quatre derniers segments thoraciques chez le ♂; ils constituent des épaississements tuberculeux au bord antérieur de leurs segments respectifs; ceux du deuxième et du troisième forment des prolongements, qui encadrent les côtés du segment précédent. En grandeur, les épimères décroissent régulièrement.

L'abdomen est aussi large à sa base que le dernier anneau thoracique sans les épimères; sa longueur, le pygidium non compris, est égale à la distance des pièces latérales du dernier segment thoracique. Les anneaux sont courts, de longueur croissante, de sorte que l'avant-dernier est le plus long. Leur bord postérieur est régulièrement courbé, sauf dans l'avant-dernier anneau, où le bord est droit, les pièces latérales seules étant courbées en arrière et en dehors. La carène, sur le milieu de la face dorsale de l'abdomen, est plus large et moins prononcée que chez le mâle. Le dernier segment abdominal a la même forme que chez celui-ci.

Les pattes sont toutes des pattes ancreuses et augmentent en grandeur, bien que faiblement, de la première à la dernière paire. Le premier article du tarse s'élargit régulièrement, du côté interne, dans les paires successives, et est surtout développé, et de plus fortement comprimé, dans la dernière paire.

Les appendices abdominaux sont oblongs, à bord interne passablement droit, et allongés en pointe; ceux du dernier article sont étroits et terminés en pointe aiguë, de grandeur égale, et ne dépassant que de très peu la pointe du pygidium.

A la face inférieure du thorax se voit, entourée comme d'une couronne par les courtes pattes, la poche incubatrice, qui est très gonflée dans tous les individus et fait même, chez la plupart, saillie au-delà des pattes, ce qui doit être attribué au développement plus avancé des jeunes. La couverture de cette cavité se compose de membranes squamiformes, rondes, dont chacune des suivantes recouvre partiellement celle qui la précède, tandis que celles d'un côté recouvrent aussi en partie celles de l'autre. Chez un individu où cette poche incubatrice était très dilatée et où je la débarrassai de la couvée qu'elle renfermait, les membranes en question gardèrent une position telle qu'il restait une ouverture entre les deux avant-derniers appendices des deux côtés.

Les jeunes individus offrent, quant à la forme générale, beaucoup de rapports avec les adultes du genre Anilocre, mais non avec la larve d'une espèce, figurée par M. Milne Edwards. Ils montrent les caractères ordinaires des larves, une grande tête et de grands yeux, des antennes subulées à articles de même largeur, des segments dont les bords suivent des directions parallèles. Le dernier segment abdominal est proportionnellement court, en forme de bouclier; il a des appendices lancéolés, qui sont de moitié plus longs que le bouclier lui-même, et qui, tout comme celui-ci, sont couverts de longs poils.

Tout le corps, ainsi que les pattes, est couvert de dessins noirs, ramifiés et étoilés, qui sont surtout alignés le long des bords postérieur et latéral des segments, plus entassés sur le corps du dernier segment.

Ces petites étoiles s'observent aussi sur les individus adultes; mais ordinairement ce ne sont alors que des points noirs, disséminés parcimonieusement sur tout le bouclier dorsal, nombreux surtout à la surface de la tête.

Les dimensions sont les suivantes:

	♂	♀
longueur totale.	10'''	19'''
„ de la tête	1,'''5	2'''
„ du thorax	5'''	9,'''5
„ de l'abdomen	3,'''5	7,'''5
„ du dernier segm. abdom. . .	2'''	4'''
largeur au troisième anneau thor. . . .	6'''	12'''
„ „ sixième anneau abdom. . .	2,'''5	4,'''5

Le parasite dont la description précède est le même que celui dont j'avais signalé au mois de décembre de l'année passée, dans une communication préliminaire, [1]) le genre de vie et l'habitat, ignorant que M. Bleeker eût déjà attiré l'attention sur ces faits longtemps auparavant. La particularité que l'espèce présente par rapport à son séjour me paraît exiger que l'histoire soit rapportée ici en son entier.

Dès 1860, [2]) M. Jellinghaus, alors Résident-adjoint de Soumadang, écrivait à la Société physique des Indes néerlandaises:

„Dans la petite rivière de Tjikerang, district de Tjilokotot, régence de Bandong, on trouve des poissons qui ont dans le ventre un trou, dans lequel est logé un petit animal paraissant appartenir au genre des Crustacés.

„A ma prière, un grand nombre de ces poissons furent pris en cet endroit, et tous sans distinction, grands et petits, montraient la même particularité, tandis que, à ce que m'ont assuré les indigènes, cela n'est pas le cas dans la rivière voisine, où cette espèce de poissons se rencontre également.

„D'après les renseignements des indigènes, le nom du poisson est *Benter*, et celui de l'animal en question *Songkeat*."

---

[1]) *Proces-verbaal van de gewone vergadering der afdeeling Natuurkunde van de Koninkl. Akad. van Wetensch.* 1868—1869, No. 6.

[2]) *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indie*, publié par la Société physique des Indes néerlandaises, T. XXII, p. 378, dans le Compte rendu de la réunion du Conseil du 28 juin 1860.

A cette lettre étaient joints des exemplaires du poisson, qui furent reconnus par M. Bleeker comme appartenant au genre *Systomus* (*Barbodes*), mais sur lesquels on ne trouva pas la particularité signalée. Le Conseil de la Société invita M. Jellinghaus à envoyer de nouveaux exemplaires; les comptes rendus ne nous apprennent pas s'il fut satisfait à cette demande.

L'ancien Gouverneur général de l'Inde néerlandaise, M. L. A. J. W. Sloet van de Beelen, pendant un voyage qu'il fit à l'intérieur de Java, eut connaissance de la particularité dont il s'agit, et, grâce au bienveillant intérêt de son Excellence, le Musée d'histoire naturelle de Leyde entra en possession de différents exemplaires, tant du poisson que du crustacé.

D'après les étiquettes qui accompagnaient ces objets, ils avaient été recueillis par M. Jellinghaus, dans la rivière déjà mentionnée par sa lettre, et ils portent dans le pays les noms de Benter et de Songkeat. M. Bleeker donna au poisson le nom de *Puntius* (subg. *Barbodes*) *maculatus*. L'envoi dont je viens de parler ayant remis le fait lui-même en mémoire à M. Bleeker, ce savant trouva dans sa collection deux exemplaires du poisson, sur lesquels se rencontrait le Songkeat, exemplaires qu'il soumit à l'Académie royale d'Amsterdam dans une de ses séances. [1])

Le fait existe chez tous les exemplaires du poisson reçus par le Musée de Leyde, exemplaires qui diffèrent d'ailleurs notablement sous le rapport de la taille et par conséquent de l'âge, le plus petit ayant cinq centimètres de longueur, tandis que le plus grand en mesure huit et demi.

Les téguments extérieurs du poisson sont percés d'une ouverture transversale, au-dessous où immédiatement en arrière des nageoires ventrales. Relativement à l'individu cette ouverture est considérable, mais par rapport au parasite elle est insignifiante, vu qu'elle atteint tout au plus un quart de la largeur de la femelle.

Elle conduit dans une cavité en forme de poche, qui monte obliquement en se dirigeant vers l'extrémité antérieure du pois-

---

[1]) *Proces-verbaal* etc. 1862 — 63.

son, et qui est formée simplement par écartement des parties internes, car on n'observe aucune déchirure des membranes.

Chez un de nos exemplaires il existe, immédiatement derrière les nageoires ventrales et sur la ligne médiane du corps, une seconde ouverture, qui a une direction longitudinale, et qui ne paraît être due qu'à un déchirement accidentel, occasionné par la distension assez forte de la peau. Elle aboutit dans la même cavité où conduit l'ouverture transversale.

Mais il y a un autre individu qui présente de chaque côté de la ligne médiane une ouverture donnant dans une poche distincte, et chez lequel ces deux poches, entièrement séparées par une cloison membraneuse, sont occupées chacune par des parasites.

Chaque cavité contient un couple de ces parasites, mâle et femelle. La femelle a le dos tourné vers la paroi extérieure, et le mâle est placé au-dessus d'elle; dans tous les échantillons que j'ai vus, ce dernier était appliqué par le dos sur la face ventrale de la femelle, les extrémités postérieures des deux individus se trouvant à la même hauteur, immédiatement au-dessus de la surface de la peau du poisson.

Un pareil habitat est jusqu'à présent un fait absolument isolé chez ces parasites.

La plupart des Cymothoadiens vivent en parasites sur la peau des poissons, *Cymothoa Stromatei* Bleeker vit dans la cavité buccale du *Stromatus niger*, mais je ne connais aucun autre exemple d'une espèce de ce groupe, perforant les téguments de son hôte et y demeurant constamment à l'état d'accouplement.

Du rapport entre le diamètre de l'ouverture et la largeur beaucoup plus considérable de la femelle, on doit conclure que c'est dans le jeune âge que celle-ci vient occuper sa demeure. La taille moindre du mâle lui permettrait à la rigueur d'entrer et de sortir, vu l'élasticité de la peau du poisson à l'état vivant, et l'on pourrait supposer d'après cela qu'il ne visite le séjour de la femelle que pour s'accoupler. Mais ce qui prouve que tel n'est pas le cas, c'est d'abord la place que le mâle occupe dans la cavité, derrière ou au-dessus de la femelle, et ensuite la circon-

stance que la plupart des femelles ont la poche incubatrice entièrement remplie d'œufs ou d'embryons, — on en a compté quatre-vingt-quatre chez une seule femelle, — ce qui leur fait prendre un tel accroissement qu'on ne peut guère se figurer la possibilité d'un mouvement dans la cavité.

Il est à remarquer que le poisson ainsi habité appartient aux poissons d'eau douce, [1]) parmi lesquels il n'est encore que la seconde espèce chez qui on ait observé des parasites de ce groupe, ceux-ci ne se trouvant en général que dans la mer.

Quant aux relations entre les deux nouveaux genres et ceux qui étaient déjà connus, ainsi qu'à la place qu'ils devraient prendre dans la série systématique, c'est un sujet auquel je crois ne pas devoir toucher pour le moment. L'étude d'autres représentants du groupe, qui existent dans notre Musée ou que j'espère pouvoir y réunir, ouvrira certainement de nouveaux points de vue et rendra les rapports entre les différentes formes plus clairs qu'ils ne le sont encore actuellement. Ailleurs également, des espèces et des genres inconnus seront rassemblés et décrits, et c'est ainsi que nous arriverons à la connaissance de la majorité des formes existantes, seule base possible d'une classification stable.

---

[1]) M. le Dr. E. von Martens a traité dernièrement (Troschel's *Archiv f. Naturgeschichte*, T. XXXIV, 1868) des animaux marins qui se rencontrent dans l'eau douce. Il cite un grand nombre d'exemples dans différentes classes animales, entre autres, dans celle des Crustacés. Dans la section des Isopodes nageurs il mentionne la famille des Sphaeromacés, dont une espèce a été trouvée au Japon, et les deux tribus de la famille des Cymothoadiens; de la première de ces tribus, celle des Errants, il nomme une espèce d'*Aega*, découverte par lui dans la rivière Capouas, à l'intérieur de Bornéo, tandis que la seconde tribu, celle des Parasites, n'est représentée que par le *Cymothoa amurensis* Gerstfeld, observé sur le *Cyprinus lacustris* dans la rivière Amour. A cet exemple, l'observation de M. Jellinghaus est venue en ajouter un second.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

(Voyez planche V.)

Epichthys giganteus.

Fig. 1. Femelle, grand. nat.
„ 2. Front, vu en dessous, $\frac{5}{2}$.
„ 3. Antenne gauche de la première paire, $\frac{2}{1}$.
„ 4. „ „ de la seconde paire, $\frac{2}{1}$.
„ 5. Patte droite de la troisième paire, $\frac{2}{1}$.
„ 6. „ „ de la cinquième paire, $\frac{2}{1}$.
„ 7. „ „ de la septième paire, $\frac{2}{1}$.
„ 8. Appendice gauche du dernier article, vu du côté supéro-intérieur, grand. nat.
„ 9. Le même, vu du côté externe, grand. nat.

Ichthyoxenos Jellinghausii.

Fig. 10. Mâle, vu en dessus, $\frac{3}{1}$.
„ 11. Femelle, vue en dessus, $\frac{2}{1}$.
„ 12. La même, vue en dessous, $\frac{2}{1}$.
„ 13. Antenne gauche de la première paire, $\frac{25}{1}$.
„ 14. „ „ de la seconde paire, $\frac{30}{1}$.
„ 15. Patte droite de la troisième paire, $\frac{3}{1}$.
„ 16. „ „ de la cinquième paire, $\frac{3}{1}$.
„ 17. „ „ de la septième paire, $\frac{3}{1}$.
„ 18. Appendice gauche du dernier article, vu en dessus, $\frac{8}{1}$.

OBSERVATIONS SUR LES

CARACTÈRES ET LA FORMATION DU LIÉGE DANS LES DICOTYLÉDONES,

PAR

N. W. P. RAUWENHOFF.

Il n'y a aucun organe sur lequel les recherches soient demeurées aussi incomplètes que sur le liber: voilà ce qu'écrivait, il y a quelques années, M. Hugo de Mohl, dans un mémoire où il nous faisait connaître mainte particularité importante concernant cette partie de la plante [1]). Il aurait pu hardiment, à cette époque, généraliser davantage cet énoncé et l'appliquer à l'écorce tout entière.

Depuis ce temps, plusieurs botanistes ont publié des travaux de grand mérite, qui ont notablement augmenté les connaissances que nous possédions sur ce sujet.

Mais, même après ces recherches des dernières années, il s'en faut encore de beaucoup que nous ayons une intelligence complète de la composition de l'écorce, de son développement et des changements qu'elle subit.

Je pense donc que ce ne sera pas répéter purement des choses connues, que de communiquer ici quelques-uns des résultats de mes observations sur le liége, partie de l'écorce dont l'étude m'occupe depuis longtemps.

Rappelons d'abord, en quelques mots, l'historique de la question.

---

[1]) *Einige Andeutungen über den Bau des Bastes*, dans: *Bot. Zeit.* 1855, p. 873.

Anciennement, on a émis bien des opinions différentes sur la nature et la signification du liége et du liber. Mais il est tout à fait superflu de mentionner ici ces opinions, soit parce que les observations sur lesquelles elles reposent, datent d'une époque où la connaissance anatomique des plantes était encore très imparfaite, soit parce que M. Hugo de Mohl, dans un excellent travail publié en 1836, a déjà donné un aperçu de ces théories anciennes.

Ce travail est devenu le point de départ de toutes les recherches postérieures, et beaucoup des résultats fournis par ces recherches ne sont que la confirmation de ce que M. de Mohl avait déjà trouvé.

M. de Mohl distingue quatre couches dans l'écorce de la branche d'un an: l'*épiderme*, la *couche subéreuse*, composée de 3 — 5 rangées de cellules à parois minces, incolores, sans contenu granuleux; la *couche parenchymateuse*, formée d'un nombre plus ou moins grand de cellules à parois minces, renfermant de la chlorophylle; le *liber*, qui contient les fibres allongées, et qui, à un âge plus avancé, se compose de couches distinctes, disposées en feuillets.

Cette division, empruntée à la structure du chêne-liége, a été suivie par la plupart des auteurs postérieurs. Nous pouvons l'adopter également, avec une légère modification. Si l'on étudie, en effet, un état de développement moins avancé que celui décrit par M. de Mohl, on ne trouve pas de liége sous l'épiderme, mais quelques couches de cellules parenchymateuses d'une forme différente de celles qui composent la couche de parenchyme avec chlorophylle de M. de Mohl; dans beaucoup de cas c'est du collenchyme, qui touche alors à l'épiderme. Lorsque la couche subéreuse décrite par M. de Mohl est déjà développée, l'épiderme n'existe souvent plus qu'en partie, çà et là, et, en tout cas, ses fonctions ont cessé. Pour que nous puissions nous rallier à la division de M. de Mohl, il faut donc comprendre par couche subéreuse la couche qui, plus tard, donne fréquemment naissance à du liége.

Après la publication de ce chef-d'œuvre, il se passa un temps

assez long avant que le sujet donnât lieu à de nouvelles recherches spéciales. Dans la description de plantes ou de familles particulières on fit bien mention également du liége: c'est ainsi que M. Schleiden parle de cette partie dans son Anatomie des Cactées, et que MM. Hartig et Schacht communiquent aussi différentes observations qui la concernent. Mais, en général, on s'en tint aux résultats des recherches de M. de Mohl, lesquelles, comme la plupart des autres travaux du même maître, ne peuvent être étudiées sans rappeler, suivant les paroles de M. Schleiden, les larmes d'Alexandre.

Le travail le plus important qui a paru sur le liége, depuis le mémoire de M. de Mohl, est celui que M. Hanstein a publié sous le titre de: *Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung der Baumrinde*, 1853. Prenant pour point de départ les recherches de M. de Mohl, avec lequel il est d'accord dans la plupart des cas, M. Hanstein cherche surtout à faire mieux connaître l'histoire du développement du liége. A cet effet, il a étudié et décrit avec détail 17 espèces différentes d'arbres, et il a éclairé ses observations par d'excellentes figures. Les vues générales auxquelles il a été conduit peuvent se résumer ainsi:

Pendant que le tronc continue de s'accroître par la formation de tissus secondaires aux deux côtés du cambium, l'écorce primaire a allongé et multiplié ses cellules dans la direction périphérique. Dans la direction du rayon elle ne donne, en général, lieu à aucun développement; elle laisse ce soin à l'écorce secondaire.

L'épiderme, cessant bientôt de pouvoir suivre la croissance du tronc, se déchire. Du liége vient le remplacer. Les cellules extérieures du parenchyme, en se multipliant, ont formé un tissu propre à protéger les parties vivantes contre les influences du dehors. Ces cellules ne se prêtent pas à l'échange osmotique des liquides. Par suite, elles ne restent que peu de temps en vie. Cette enveloppe subéreuse contient des cellules parenchymateuses de formes très diverses, mais toujours elle est caractérisée par la matière particulière qui constitue ces cellules, par leur mode de développe-

ment et par leur disposition régulière. M. Hanstein appelle ce tissu *périderme*, nom que M. de Mohl avait employé dans un sens plus restreint, pour indiquer spécialement les cellules subéreuses tabulaires.

Avec les progrès de l'âge, la première couche de périderme ne peut plus, dans beaucoup de plantes, suivre le développement du tronc. Au commencement, le périderme se renouvelle à la face interne à mesure qu'il se détruit au côté externe; mais bientôt du périderme se forme dans des couches plus profondes, et celui qui est situé en dehors se dessèche et meurt.

Après cette description, en général exacte, bien que demandant çà et là à être confirmée et étendue, les études sur le liége ont de nouveau subi un temps d'arrêt assez long, savoir, jusqu'au travail développé que M. Sanio lui a consacré il y a peu d'années (Pringsheim's *Jahrb.*, II, p. 39). Ce savant s'est surtout proposé d'observer, dans différentes plantes, les premières phases de la formation du liége; il en a étudié avec beaucoup de soin les états les plus jeunes, et, sous ce rapport, il a notablement étendu notre horizon. Mais il ne s'est pas occupé de l'écorce de plantes plus âgées.

Ce travail est le dernier de quelque importance qui me soit connu. Moi-même j'ai suivi cette question avec intérêt depuis plusieurs années, et j'ai répété la plupart des recherches auxquelles elle a donné lieu. Le plus souvent j'ai trouvé ainsi la confirmation de ce que d'autres avaient fait connaître; dans quelques cas toutefois, mes observations indiquaient des inexactitudes et des lacunes que j'ai cherché alors, autant que possible, à redresser ou à combler. Je me suis convaincu surtout que nous aurions, en général, une idée plus complète de la partie en question, si l'on avait toujours suivi son développement depuis les états les plus jeunes jusqu'aux plus avancés. En 1859, j'ai essayé de donner un aperçu de ce développement successif de l'écorce pour le *Robinia Pseudo-Acacia* (*Ned. Kruidk. Archief*, T. V, p. 1—28). Postérieurement, j'ai étudié de la même manière un grand nombre d'autres plantes. J'espère pouvoir faire connaître plus tard

ces observations avec tous leurs détails. En ce moment je veux présenter seulement, comme résultats provisoires de mes recherches, quelques remarques sur:

1°. les formes des cellules du liége,
2°. leur mode de multiplication,
3°. la place où le liége prend naissance normalement,
4°. les changements qui interviennent, sous ce rapport, à un âge plus avancé de la plante.

I. Formes des cellules du liége.

Il y a, comme M. de Mohl en a déjà fait l'observation, deux formes principales, deux types de cellules subéreuses; l'un est celui des cellules *cubiques*, l'autre celui des cellules *tabulaires*.

Les cellules *cubiques* sont ordinairement à parois minces, transparentes, à contours foncés, par suite de la grande force réfringente des parois. Le contenu est de l'air. Souvent les parois, surtout dans la direction radiale, sont ondulées ou sinueuses.

On les trouve avec ces caractères chez nombre de plantes, telles que: *Sambucus nigra*, *Aesculus Hippocastanum*, *Lonicera Caprifolium*, *Quercus suber*, *Morus nigra*, *Rhus Cotinus*, *Rhus typhinum*. Toutefois, il y a encore des différences considérables dans l'épaisseur des parois de cette forme de cellules; on n'a qu'à comparer, par exemple, sous ce rapport, le *Syringa vulgaris* et le *Morus nigra*. Dans cette dernière espèce les cellules se rapprochent souvent du type tabulaire.

Chez les *Syringa*, *Larix*, *Berberis*, *Philadelphus*, les cellules continuent encore longtemps à croître dans la direction du rayon et deviennent ainsi allongées radialement, avec des parois sinueuses. Ce n'est que chez un petit nombre de plantes qu'elles conservent leur forme cubique à un âge plus avancé. Le plus souvent, l'accroissement du tronc est cause que les cellules se développent principalement dans la direction périphérique, pour qu'elles puissent continuer à embrasser la circonférence agrandie.

Les modifications qu'on rencontre dans ce cas sont d'autant

plus considérables que les parois des cellules sont plus minces et plus extensibles. C'est ainsi que les cellules subéreuses du *Vitis vinifera*, du *Philadelphus coronarius*, du *Ribes rubrum*, d'abord cubiques ou même allongées radialement, deviennent peu à peu allongées dans le sens périphérique.

Bien que les cellules cubiques, comme il a été dit, aient en général des parois minces, on trouve pourtant des exceptions à cette règle, par exemple, chez le *Morus nigra* et surtout dans la vieille écorce de l'*Abies excelsa*. Parfois, il arrive aussi que la paroi n'est épaissie que d'un côté; on en voit un exemple remarquable dans le *Larix europaea*, où la paroi supérieure ou inférieure offre seule une épaisseur considérable et montre de plus des canaux ponctués.

Les cellules cubiques épaissies et allongées périphériquement forment la transition au second type principal, celui des cellules tabulaires. Ici les parois sont presque toujours épaissies, parfois à un très haut degré, et alors souvent colorées en jaune. Dans les cellules on trouve en ce cas un contenu brun, opaque, trouble. Les cellules subéreuses tabulaires, dont la plus grande dimension est toujours parallèle à la surface de la plante, forment quelquefois, chez des plantes déjà âgées, une couche dense qu'on appelle *périderme*.

Il y a du reste, ici également, une grande différence dans le rapport des deux dimensions: presque cubiques chez le *Cytisus Laburnum*, les cellules sont plates dans le *Quercus pedunculata*, le *Q. suber* à l'état de jeunesse, le *Larix*, le *Betula*; très plates dans le *Tilia grandifolia*, le *Populus tremula* et surtout dans le *Fagus silvatica*. Les cellules très plates sont souvent convexes au côté extérieur, et alors reconnaissables surtout à leur contenu obscur; c'est ce qu'on voit d'une manière très nette dans l'écorce âgée du *Fagus silvatica* et de la racine de *Ratanhia*.

Les deux formes principales de cellules du liége se rencontrent très fréquemment dans la même plante en couches alternatives, composées en majeure partie tantôt de l'une, tantôt de l'autre espèce. M. de Mohl et M. Schacht ont même puisé dans ce fait

des caractères propres à distinguer l'écorce d'un arbre de celle d'un autre, et tous les deux ont fondé en grande partie leur distribution des arbres qui produisent du liége, sur la présence des deux espèces de cellules et sur leur proportion relative. Bien que l'observation soit exacte, comme on peut s'en assurer chez le *Betula*, le *Quercus*, etc., les deux formes passent pourtant l'une à l'autre d'une manière trop insensible, pour qu'on puisse y trouver une base fixe de classification. Cela devient surtout évident quand on examine l'écorce d'arbres âgés, par exemple celle du *Pinus sylvestris*. Dans les couches subéreuses qui contribuent à former ces vieilles écorces, on trouve souvent des formes différentes de celles qui sont propres à la jeune branche. La distinction est donc extrêmement difficile. En général, les cellules tabulaires paraissent prendre naissance quand le développement des cellules cubiques s'arrête, de sorte qu'une couche de liége, composée de cellules de cette dernière espèce, est ordinairement limitée à l'intérieur par des cellules tabulaires. Il est possible que ce changement dans la forme des cellules soit dû à la même cause à laquelle M. Sachs (*Lehrb. d. Botanik*, p. 409) est porté à attribuer la différence de forme des cellules du bois printanier et du bois autumnal, savoir, à ce que les tissus qui prennent naissance à l'automne sont soumis, dans la direction radiale, à une pression plus forte que ceux dont la formation a lieu au printemps.

En ce qui concerne la nature chimique des parois des cellules du liége, on les a regardées autrefois comme composées d'une matière particulière, appelée *subérine*. Cette matière semblait distinguée de la cellulose par l'action différente que font éprouver aux deux substances l'acide sulfurique et l'acide nitrique.

Quelques-uns admettaient même dans la subérine la présence de l'azote. D'après les recherches postérieures toutefois, la paroi des cellules du liége doit être regardée comme consistant en cellulose pénétrée de graisse, de cire, de résine ou de lignine. Cette opinion trouve surtout un appui dans la circonstance que l'acide subérique, qui se forme par l'action de l'acide nitrique sur le

liége, prend également naissance dans l'oxydation des matières grasses sous l'influence de l'acide nitrique.

Cette manière de voir est aussi confirmée par une observation que j'ai faite sur le liége frais du *Quercus suber*, où un certain nombre de rangées des cellules subéreuses les plus jeunes devenaient rouge violet par l'action du mélange de chlorure de zinc d'iode et d'iodure de potassium, tandis que toutes les autres cellules prenaient, comme d'ordinaire, une teinte jaune brunâtre. Les premières contenaient aussi encore de l'humidité, et se distinguaient sur une coupe fraîche, même à l'œil nu, comme une couche différemment colorée.

II. Mode de naissance et de multiplication des cellules du liége.

La manière dont les cellules du liége prennent naissance est demeurée longtemps inconnue et ce n'est que dans les derniers temps qu'elle a été éclaircie. Il est vrai qu'elle n'est pas toujours facile à observer.

M. de Mohl n'a pas traité ce point dans son travail classique; il s'est borné à l'étude de plantes dans lesquelles la première apparition du liége avait déjà eu lieu. M. Hanstein ne s'est également occupé que du développement et des modifications ultérieures des couches subéreuses, bien que, en quelques endroits de son mémoire, il parle de la multiplication cellulaire qui donne naissance aux cellules du liége et lui assigne pour siége la rangée de cellules située sous l'épiderme. M. Schleiden, qui a examiné la question de l'origine des cellules, déclare ne pas être parvenu à l'élucider complétement. Il met cette origine en connexion avec l'accumulation supposée d'une masse mucilagineuse jaunâtre dans les cellules épidermiques, laquelle finirait par faire éclater les parois latérales de ces cellules, en soulevant les parois supérieures réunies sous forme de membrane continue. En même temps, des cellules subéreuses prendraient naissance dans cette matière. Ces vues ne seront probablement plus défendues par personne. Une idée plus exacte du phénomème a été donnée par M. de Mohl,

dans une figure représentant la formation du liége chez le *Cereus peruvianus* (*Vegetab. Zelle*, p. 58). M. Schacht a décrit cette formation chez deux autres Cactées (*Die Pflanzenzelle*, p. 239, *Anat. u. Phys. der Gew.* I. p. 287); elle aurait lieu, d'après lui, dans les cellules de l'épiderme.

Mais le sujet a été étudié pour la première fois d'une manière exacte et approfondie par M. Sanio, en 1859 (Pringsheim's *Jahrb. f. wiss. Bot.* II, Livr. I, p. 38 — 108). Selon cet observateur, la cellule subéreuse prend toujours naissance par une multiplication, une division, due à l'apparition de cloisons placées dans le sens tangentiel. Faisant usage d'un procédé très heureux pour obtenir des coupes minces, et débarrassant par un lavage les cellules de leur contenu, il est parvenu à découvrir la naissance première et la multiplication des cellules subéreuses, ce qui n'avait réussi à aucun de ses devanciers. Dans la division en question il signale les variétés suivantes:

a. Elle peut être purement *centripète*, c'est-à-dire, que lorsqu'une cellule a subi une division, la cellule-fille inférieure se partage de nouveau en deux autres cellules, dont la supérieure devient subéreuse; et ainsi de suite.

b. Elle peut être purement *centrifuge*, quand, des deux cellules-filles formées en premier lieu, c'est l'extérieure qui se divise de nouveau; le même phénomène se répétant continuellement.

c. Entre ces deux modes fondamentaux on observe en outre, d'après M. Sanio, plusieurs modes intermédiaires, savoir:

Une division *centripète-intermédiaire*, dans laquelle les deux premiers partages sont centripètes, tandis que le troisième se fait dans la plus extérieure des deux cellules-filles formées en dernier lieu. Les deux divisions suivantes sont alors de nouveau centripètes.

d. Une division *centrifuge-réciproque*, quand, de la direction centrifuge, la division saute pour ainsi dire dans la direction centripète. Il se forme d'abord, en direction centrifuge, 3, 4 à 5 cellules-filles, après quoi le partage cesse et les cellules-filles extérieures, au nombre de 1, 2 ou 3, commencent à se changer en liége. La cellule interne ou les deux cellules internes devien-

nent alors du parenchyme cortical (*Korkrindenzellen*), et la cellule-fille située entre elles et les cellules subéreuses continue plus tard la division dans la direction centripète.

e. Enfin, une division *centrifuge-intermédiaire*, qui diffère peu de la précédente. Ici, le second partage se fait dans la cellule-fille externe; des deux cellules-filles auxquelles il donne naissance, l'externe devient subéreuse et l'interne continue la division dans la direction centripète, tandis que la plus intérieure des cellules formées en premier lieu devient du parenchyme cortical.

J'ai répété les recherches dont il vient d'être question, et j'ai trouvé d'un excellent usage la méthode qui y est indiquée. Le résultat de M. Sanio, que les cellules du liége prennent toujours naissance par division de cellules-mères, a été entièrement confirmé par mes observations. Aucune exception ne m'est encore connue, de sorte que je diffère complétement d'avis, à cet égard, avec M. Cas. de Candolle, qui, dans un écrit publié en 1860, soutient l'opinion que le premier liége de bonne qualité (dit *liége femelle*) naîtrait par formation cellulaire libre.

Pour ce qui regarde toutefois les divers modes de division admis par M. Sanio, leur distinction me paraît un peu trop subtile, et, avec tout le soin possible, je n'ai pas réussi à les retrouver toujours tels qu'il les a décrits. J'ai bien vu, par exemple chez *Betula alba*, *Berberis vulgaris*, *Rhus Cotinus* et *typhinum*, des divisions répétées dans la direction centrifuge, et chez *Daphne Mezereum* et *Sorbus aucuparia* une division centripète; mais je n'ai pu saisir distinctement les modes intermédiaires. Je dois avouer aussi que je n'attache pas une très grande importance à ce que la 3e ou 4e cellule-fille soit la plus intérieure ou la plus extérieure, parce que cette différence ne me semble pas être suffisamment constante. M. Sanio lui-même fait remarquer que, suivant les circonstances, l'ordre de division des cellules peut varier. Il cite comme exemple le *Viburnum Opulus*, qui présente trois modes différents, selon qu'on l'examine à différentes époques de l'été. La division centripète, qui donne lieu immédiatement à une couche de liége, se produit en automne, tandis qu'en Juillet

se montrerait la division centrifuge-réciproque, laquelle n'est suivie que plus tard de la formation de liége. Il est clair que la même chose se retrouvera dans d'autres plantes, de sorte que la connaissance de ces variétés de division ne me semble pas avoir une importance proportionnée aux difficultés de leur étude. En outre, après les premières divisions de cellules, toutes les suivantes sont centripètes; il n'y a d'ailleurs jamais, à un moment donné, qu'une seule rangée de cellules en voie de multiplication.

Pas plus que M. Sanio, je ne suis parvenu à découvrir les cloisons des cellules-filles avant que leur formation soit complète. Il m'est bien arrivé de voir le contenu des cellules partagé en deux, sans qu'il existât déjà de cloison apparente; mais partout où cette dernière se montrait, même à l'état de ligne à peine visible, elle parcourait la cellule tout entière, d'une extrémité à l'autre. Dans quelques-unes de mes préparations, conservées dans la dissolution récemment recommandée d'acétate de potasse, ces parois minces des cellules sont restées plus visibles qu'en faisant usage de la glycérine, laquelle donne à toutes les parties une transparence extrême. Plusieurs de ces préparations sont encore en fort bon état après un laps de temps de six années.

III. Place où naissent les premières cellules subéreuses.

La place où apparaissent, à l'état normal, les cellules subéreuses n'est pas moins importante à connaître que leur mode de multiplication. Sur ce point également, on est resté longtemps dans le doute. M. Schleiden croyait que le liége se forme dans l'épiderme. MM. Schacht, de Mohl et Hanstein regardèrent comme le siége de cette formation la rangée de cellules située immédiatement au-dessous de l'épiderme. Le dernier de ces auteurs fit connaître en outre pour quelques plantes, telles que *Vitis vinifera*, *Ribes grossularia*, *Caprifolium italicum*, une production de liége à une profondeur plus grande dans l'écorce. C'est encore M. Sanio qui a étudié ce point de la manière la plus appro-

fondie. Il a montré que le liége peut se former à tous les endroits mentionnés, en des points différents chez des plantes différentes, mais toujours au même point chez une même plante [1]). Dans sa description du liége il partage même les plantes d'après ce caractère, quoiqu'il reconnaisse que pour l'étude de l'état adulte et de la vieillesse de la plante et pour donner un tableau aussi complet que possible du développement du liége, la division la plus naturelle est celle en arbres qui ne forment qu'une seule fois du liége et en arbres qui en produisent indéfiniment.

J'ai examiné les faits avec soin dans un grand nombre de plantes, et je suis heureux de pouvoir confirmer presque toujours les résultats de M. Sanio.

Ainsi que lui, j'ai vu les premières cellules subéreuses dans l'épiderme lui-même chez plusieurs Pomacées, telles que *Sorbus aucuparia*, *Pyrus communis*, *P. Malus*, chez le *Viburnum Lantana* et chez le *Daphne Mezereum*.

Mais, dans la grande majorité des plantes, j'ai trouvé les

---

[1]) M. Duchartre ne s'exprime pas d'une manière tout à fait exacte lorsqu'il dit (*Eléments de botanique*, 1e partie, p. 155) que MM. Schacht et Sanio ont fait connaître la formation première des cellules subéreuses, et ont montré que le plus souvent les cellules de l'épiderme se divisent à cet effet chacune en deux par une cloison parallèle à la surface externe de la tige; mais que parfois, d'après M. Sanio, la rangée extérieure de cellules de l'enveloppe cellulaire se divise également de la manière indiquée. Si l'on consulte les deux auteurs cités, on trouve chez M. Sachs (*Pflanzenzelle*, p. 239). „Le liége se forme primitivement *dans* l'épiderme ou *au-dessous*," et M. Sanio dit en termes formels, (Pringsheim's *Jahrb.* II, p. 42). „Ce n'est que dans des cas relativement assez rares que le liége se développe dans l'épiderme. Il est beaucoup plus fréquent de le voir naître dans l'enveloppe cellulaire, et alors, chez la très grande majorité des plantes, dans la rangée la plus externe des cellules de cette partie de l'écorce. Chez un petit nombre d'espèces, au contraire, il prend naissance dans la seconde ou la troisième rangée des dites cellules, ou même encore plus profondément, etc." Ces passages ne s'accordent ni l'un ni l'autre avec la manière dont M. Duchartre présente les opinions des deux auteurs. Ce que l'on trouve sur ce sujet dans le traité de M. Oudemans (*Leerboek der plantenkunde*, T. II, p. 421), est emprunté presque littéralement à M. Duchartre, avec les mêmes inexactitudes.

premières cellules du liége dans la rangée la plus externe de cellules de l'enveloppe cellulaire, situées immédiatement sous l'épiderme. C'est ce que m'ont offert entre autres les espèces suivantes: *Betula alba*, *Fagus sylvatica*, *Alnus glutinosa*, *Rhus Cotinus*, *R. typhinum*, *Tilia grandifolia*, *Populus tremula*, *Ilex aquifolium*, *Morus nigra*, *Aesculus Hippocastanum*, *Syringa vulgaris*, *Viburnum opulus*, *Quercus pedunculata*, *Q. Ilex*, *Q. castanea*, *Q. suber*, *Calycanthus floridus*, *Platanus occidentalis*, *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*.

Dans quelques cas, comme chez la plante nommée en dernier lieu, les cellules-mères sont passablement grandes et leur première division est facile à constater; ailleurs au contraire, comme dans le genre *Quercus*, le phénomène échappe facilement à l'observation.

Chez certaines plantes, qui ont une cuticule épaisse, telles que *Ilex aquifolium*, la formation du liége commence tard, de sorte que plusieurs naturalistes (par ex. Schacht, *Anat. u. Phys. d. Gew.*, I, 291), se trompant à cet égard, ont annoncé à tort qu'il ne s'en développe pas du tout. Chez d'autres végétaux, tels que *Aesculus Hippocastanum*, on ne saurait arriver trop tôt, si l'on veut épier les premières phases de la production subéreuse. Longtemps avant que le nouveau jet, formé au printemps, ait atteint toute sa longueur, il s'est développé une couche de liége composée de plusieurs rangées de cellules.

Dans quelques cas peu nombreux, le liége apparaît à une plus grande profondeur dans le tissu de l'enveloppe cellulaire. Les Légumineuses semblent être particulièrement remarquables sous ce rapport. M. Sanio a observé le phénomène chez le *Robinia Pseudo-Acacia*, le *Cytisus Laburnum* et le *Gleditschia triacanthos*. En ce qui concerne le *Robinia*, j'ai montré ailleurs (*Kruidk. Archief*, 1859, T. V, p. 1—28) avec détail, que la division se fait dans la 2e rangée de cellules, et dans la 3e ou 4e rangée, là où existent les côtes saillantes de la tige. Plus tard, j'ai trouvé exactement la même chose dans le *Glycine chinensis*. Chez le *Cytisus Laburnum* au contraire, qui ne possède pas de ces

côtes, les cellules subéreuses naissent, sur toute la périphérie, dans la 2e rangée.

Parfois même le siége de la première formation du liége s'enfonce encore plus profondément dans le tissu de la plante; c'est ainsi qu'il se trouve à la limite interne de l'écorce primaire, immédiatement au-dedans d'une rangée de grandes cellules polyédriques à parois épaisses, chez le *Berberis vulgaris*, le *Ribes rubrum* et le *Lonicera Caprifolium*, ou immédiatement contre les faisceaux libériens, comme dans le *Rubus Idaeus*.

Enfin, il arrive aussi que le premier liége se forme dans l'écorce secondaire, par exemple chez le *Philadelphus coronarius* et le *Vitis vinifera;* pour cette dernière plante, le fait a été décrit et figuré exactement et dans tous ses détails par M. Hanstein. (*Unters. ü. d. Bau u. d. Entw. d. Baumrinde*, p. 61—71).

Une circonstance qui mérite encore d'être signalée, c'est l'inégalité d'origine des cellules subéreuses dans les tiges à côtes saillantes. Chez les autres plantes on voit constamment, sur toute la circonférence, le liége prendre naissance à la même distance sous l'épiderme ou dans l'épiderme lui-même, quoiqu'il ne soit pas rare que la formation du liége commence à un côté de la tige plus tôt qu'à l'autre. Dans les végétaux à côtes saillantes, il n'en est plus de même. J'ai déjà fait remarquer tout à l'heure que, chez le *Robinia Pseudo-Acacia*, la formation du liége commence, au-dessous des côtes, à une plus grande profondeur que dans les points situés à côté. La chose se voit encore beaucoup mieux chez le *Larix europaea*, où les côtes sont plus proéminentes. Ici le liége apparaît, au-dessous des côtes, dans la 4e ou 5e rangée de cellules, et, à la limite des côtes, dans la 1e rangée, de sorte que l'anneau des cellules subéreuses forme un cercle qui finit par isoler toute la série des côtes. Un fait analogue a été observé et décrit par M. Sanio chez le *Casuarina torulosa*, et j'ai retrouvé la même disposition dans les *Casuarina quadrivalvis* et *stricta*. Quelques faisceaux libériens, qui chez ces plantes se trouvent dans les côtes, sont isolés de cette manière par les premières couches subéreuses.

Tout ce qui vient d'être dit s'applique exclusivement aux cellules subéreuses qui se forment en premier lieu et qui se rencontrent dans la tige d'une manière normale. Dans des circonstances anormales et à un âge plus ou moins avancé, la plante produit du liége aux points les plus divers.

Pour ce qui regarde les progrès de l'âge, on sait comment les couches subéreuses meurent successivement au côté externe, et s'accroissent à l'intérieur par la formation de nouvelles cellules. Chez quelques arbres, tels que le *Fagus silvatica*, cela continue ainsi pendant très longtemps; mais, finalement, il se forme aussi de nouvelles couches de liége plus à l'interieur du tissu, analogues à celles qui apparaissent dans un temps beaucoup plus court chez le Chêne, le Peuplier et d'autres arbres. D'après cette considération, M. de Mohl les avait déjà distinguées sous le nom de *Borke* ou *rhytidome*. Ces nouvelles couches subéreuses se relient aux premières par leurs extrémités, et de cette manière elles isolent une partie de l'écorce qui alors se dessèche rapidement et éprouve des altérations chimiques, par suite desquelles, entre autres, la réaction de la cellulose cesse de pouvoir être observée. Successivement, des couches de liége se forment en des points de plus en plus profonds de l'écorce primaire, puis elles envahissent l'écorce secondaire, de sorte que, finalement, une partie des fibres libériennes est également rejetée en dehors; à l'extérieur, les parties plus anciennes se fendent et se déchirent, et donnent à la surface des arbres leur aspect rugueux bien connu (*Schuppenborke*). Ou bien, il se forme de temps en temps, à l'intérieur, de nouveaux anneaux de liége, indépendants des couches plus extérieures, et chaque fois tout un anneau de parties libériennes est séparé du reste de l'écorce; c'est ce qui se voit par exemple chez la Vigne (*Ringelborke*, Hanstein).

Les modifications remarquables que subissent les parties ainsi isolées de l'écorce, surtout celles de l'écorce secondaire, méritent aussi de fixer l'attention. Ces modifications n'ont pas toujours été appréciées exactement et elles ont donné lieu à des erreurs. C'est ainsi que M. Wigand, dans un mémoire d'ailleurs fort inté-

ressant (*Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle;* voir Pringsheim's *Jahrb.*, III, p. 115—182), a décrit sous le nom de *Hornbast* ou *Hornprosenchym* (prosenchyme corné) un tissu prétenduement nouveau. M. Oudemans a réclamé (*Bot. Zeit.*, 1862, p. 43) la priorité de cette découverte, en rappelant qu'il avait décrit et figuré les particularités de ce tissu à l'article du *Cortex canellae albae*, dans ses *Aanteekeningen op de Pharmacop. Neerlandica;* mais qu'il n'avait pas jugé nécessaire de donner à ce tissu un nom spécial, parce qu'il devait être rapporté aux fibres libériennes. M. Oudemans demande à M. Wigand quels seront les caractères de ce *prosenchyme corné*, attendu que, parmi ceux qui ont été indiqués, les uns manquent dans certaines plantes et les autres dans d'autres plantes.

Mais il paraît avoir échappé aux deux auteurs qu'on n'a nullement affaire ici à un tissu nouveau, non encore décrit, mais à une modification des cellules grillagées de l'écorce secondaire, modification qui se produit, avec plus ou moins de rapidité, par l'effet de la pression à laquelle ces cellules sont soumises durant et après leur croissance, eu égard d'ailleurs à la solidité des parois et à la quantité du contenu liquide. Dans l'écorce secondaire à groupes irrégulièrement placés de fibres libériennes épaissies, l'assemblage de parois rapprochées entre elles, plissées et parfois plus ou moins soudées, affectera une disposition irrégulière, comme on le voit chez beaucoup d'espèces de *Prunus*. C'est pourquoi, dans les couches anciennes du liber, l'origine de ce prétendu prosenchyme corné n'est pas toujours facile à reconnaître; mais si l'on choisit une écorce à cellules et à fibres placées en couches régulières, et si l'on examine le liber tant dans ses parties les plus jeunes que dans les plus âgées, on aperçoit aisément que ce que M. Wigand a signalé comme un tissu nouveau se compose simplement de cellules treillisées et d'autres cellules allongées.

Déjà en 1859, j'ai fait connaître ce tissu dans ma description de l'écorce du *Robinia Pseudo-Acacia*, citée ci-dessus. Qu'on me permette de reproduire ici le passage suivant de ce mémoire (*Ned. Kruidk. Archief*, T. V, p. 23), à ce qu'il parait, peu connu:

„Dans les couches les plus âgées ou les plus extérieures de cette partie (l'écorce) on trouve, entre les cellules parenchymateuses qui joignent immédiatement le faisceau libérien, une ou plusieurs raies incolores, qui ont l'aspect de cellules serrées l'une sur l'autre, dont le contenu aurait disparu et dont les parois fortement pressées se seraient plus ou moins soudées entre elles. A mesure qu'on examine des couches plus jeunes, ces agglomérations se disjoignent et laissent déjà çà et là des ouvertures entre leurs éléments. Si l'on arrive dans des parties encore plus récentes, on voit les amas en question se résoudre peu à peu en parois d'une forme légèrement irrégulière et sinueuse. Enfin, entre les troisième, quatrième et cinquième rangées de faisceaux libériens, comptées à partir de l'intérieur, on reconnaît un tissu de cellules larges, à parois minces, parmi lesquelles se trouvent d'autres cellules également à parois minces, mais plus étroites. C'est dans la troisième rangée que ces cellules se voient le plus distinctement, et elles y ont un contenu jaune clair, coagulé en une masse unique.

Si l'on étudie ensuite cette même partie de l'écorce sur une coupe longitudinale radiale, on rencontre, dans les couches les plus anciennes, les mêmes amas d'éléments confondus et non discernables. Dans les parties plus jeunes ces amas deviennent moins serrés, et dans les troisième et quatrième rangées, désignées ci-dessus, on voit clairement que les amas sont formés des cellules treillisées de M. de Mohl ou tubes cribreux de M. Hartig, dont le fin treillissage se distingue surtout aux extrémités.

En suivant ainsi le développement des éléments à parois minces du liber, et les étudiant dans leurs états successifs, il devient donc évident que les raies énigmatiques, jaunes ou parfois jaune-brunâtres, qu'on rencontre dans la vieille écorce du Robinia, ne peuvent être autre chose que les restes, chimiquement et physiquement modifiés, des parois des tubes cribreux et des fibres séveuses.

J'insiste un peu sur ce point parce que M. Hartig, le seul qui à ma connaissance ait fait mention de ces raies, en a donné

une interprétation fausse. Dans ses écrits il professe que les raies en question (dont il a aussi très bien reconnu l'existence dans les genres *Pinus* et *Acer*) doivent être regardées comme les cellules-mères d'une couche de liége, bien que sa description elle-même l'ait presque conduit à la vérité. Il les décrit en effet comme: „des stratifications verticales, irrégulières, d'une masse ayant l'apparence de membranes soudées entre elles"; mais, chose assez singulière, il les appelle „couche génératrice du liége". D'après l'ensemble de mes observations toutefois, les minces couches subéreuses du liber, dans le Robinia et dans d'autres espèces ligneuses, naissent constamment de cellules parenchymateuses, tandis que les amas membraneux jaunes ne sont rien autre chose que les parois affaissées des cellules treillisées, qui n'ont qu'une faible consistance."

Voilà ce que j'écrivais en 1859. Après avoir étudié ces jours-ci la question de nouveau, et avoir comparé avec soin mes préparations de cette époque et celles d'une date postérieure, j'ai trouvé mes vues d'alors entièrement confirmées.

Janvier 1870.

SUR LES CRISTALLITES

ETUDES CRISTALLOGÉNÉTIQUES,

PAR

H. VOGELSANG.

Introduction.

Les recherches et les considérations théoriques dont il sera question dans ce Mémoire et dans quelques autres qui le suivront, touchent un sujet pour lequel il est à peine nécessaire d'invoquer spécialement l'intérêt du naturaliste philosophe. Comprendre le mode de naissance et de développement des cristaux, et fixer les lois empiriques auxquelles les individus inorganiques, dans leurs innombrables transformations, ne cessent d'obéir, ce sont là des problèmes qui, en signification profonde pour les sciences naturelles, ne le cèdent guère qu'aux questions concernant l'origine et l'évolution de la vie à la surface du globe. Mais, si le problème lui-même peut se passer de recommandation, il en est tout autrement de chaque nouvelle tentative faite pour en obtenir la solution. D'une part, en effet, on doit reconnaître que les travaux consciencieux et pénibles d'un grand nombre de savants distingués n'ont fourni que bien peu de points d'appui fixes pour ces questions importantes; et, d'autre part, on ne saurait oublier les résultats malheureux de tous les essais ayant eu pour but de fonder une théorie satisfaisante sur des combinaisons spéculatives hasardées. Ce double insuccès a produit, chez la plupart des naturalistes qui font entrer la cristallographie dans le cercle de leurs études, une certaine froideur et une défiance légitime à l'égard de toutes les tentatives théoriques de ce genre.

Ce que j'ai à craindre toutefois pour mes recherches, ce n'est pas qu'on les accueille avec trop de défiance, mais plutôt qu'elles ne donnent lieu à une attente exagérée; car les observations auxquelles m'a conduit un heureux hasard pourraient de prime-abord; par leur caractère frappant de simplicité, faire naître des espérances dont on chercherait en vain la réalisation dans la suite de mon travail.

J'espère échapper à ce danger en indiquant brièvement le point de départ et la direction de mes recherches. Tous les travaux relatifs à la théorie de la formation des cristaux, pour autant qu'ils ne tombaient pas dans le domaine de la cristallographie descriptive, ont suivi essentiellement une double voie. Ou bien on a considéré les cristaux dans leur ensemble, sans égard à leur développement individuel, et on a cherché à expliquer les conditions et les limites de la cristallisation en général, la possibilité ou la nécessité théorique des différents systèmes cristallins, et les lois remarquables que la cristallographie descriptive a découvertes dans les relations des axes et des paramètres; ou bien, s'attachant à la considération des individus cristallins eux-mêmes, on s'est appliqué à saisir les rapports entre leurs attributs les plus importants, la forme cristalline et la composition chimique, et on s'est proposé de construire en quelque sorte une formule de cristallisation, dont les divers termes devaient représenter des propriétés caractéristiques déterminées, et qui, dans sa forme la plus générale, devait aussi fournir l'expression du principe même de la cristallisation. Comme résultat essentiel des recherches poursuivies dans cette voie inductive, on doit regarder la doctrine de l'isomorphisme. Les études qui suivaient la première direction partaient d'hypothèses philosophiques générales, et se mouvaient de préférence sur le terrain de l'abstraction mathématique; beaucoup plus rarement elles s'adressaient à l'expérience et cherchaient à ouvrir de nouveaux points de vue dans le domaine des faits. Or, bien que les déductions mathématiques sur le groupement régulier des points matériels soient de la plus haute importance pour l'explication des lois

cristallographiques et pour la délimitation des différents systèmes, bien que d'autres théories cristallogénétiques ne puissent évidemment trouver leur expression complète et définitive que dans les formes abstraites de la mécanique analytique, il est certain que tous les travaux qui ont pour but de fixer les démarcations entre les individus cristallins, d'approfondir les relations réciproques entre les propriétés morphologiques, physiques et chimiques, devront continuer à s'attacher à l'étude objective comme à leur base nécessaire. C'est seulement par l'observation matérielle, que nos vues sur la signification physico-chimique des plus petites particules cristallines ou sur les conditions et modifications de la naissance, de l'accroissement et du groupement régulier des cristaux, pourront s'élever au-dessus de la condition d'hypothèses précaires. Jusqu'ici toutefois, les expériences et les observations ont été extrêmement rares, et, en présentant mes propres recherches, je crois devoir faire remarquer expressément qu'elles n'ont aucun rapport avec les travaux antérieurs sur le même sujet, et qu'elles ne doivent nullement leur origine, comme la plupart de ceux-ci, à des considérations et des tendances théoriques.

La plupart des recherches cristallogénétiques expérimentales partent de la supposition que les premiers groupements et transformations des plus petites parties cristallines ne sont pas accessibles à l'observation directe; elles s'en tiennent donc toujours aux cristaux déjà achevés, et elles étudient les modifications de la croissance et des combinaisons dans leurs rapports avec la nature physico-chimique du dissolvant. Mon travail renferme une série d'observations par lesquelles l'hypothèse en question, dans sa forme générale, se trouve réfutée; il a essentiellement pour but de suivre dans ses phases successives, dans son origine et dans son développement, un état préliminaire remarquable de la forme cristalline, que le hasard m'a fait connaître.

D'après cela, je crois pouvoir me dispenser de parler des travaux antérieurs, vu qu'ils appartiennent à un tout autre ordre de recherches. Je n'en mentionnerai qu'un seul, dans lequel le sujet a été considéré à un point de vue analogue au mien; c'est

un Mémoire peu étendu de H. F. Link: *Ueber die erste Entstehung der Krystalle;* Poggendorff's *Annal.*, XLVI, 1839. Link a observé sous le microscope, au moment de leur formation, des précipités chimiques de carbonate de chaux et d'autres combinaisons; il est parvenu de cette manière aux résultats suivants:

1°. Que tous les précipités, qu'ils passent ultérieurement à l'état cristallin ou non, se composent primitivement de corpuscules sphériques.

2°. Que ces corpuscules sphériques ne sont nullement solides, mais qu'ils se réunissent et se confondent manifestement entre eux.

3°. Que c'est seulement après cette fusion en masses plus grandes, que la force de cristallisation propre à la substance s'éveille et donne naissance à un corps solide, symétrique.

Je donne ces conclusions telles que je les trouve; jusqu'à un certain point elles sont confirmées par mes propres résultats, comme on le verra dans la suite. Du reste, les recherches de Link étaient loin de pouvoir justifier l'admission de conclusions aussi générales; aussi M. Frankenheim, dans son dernier grand Mémoire (Poggend. *Ann.*, XXI, 1860) les a-t-il critiquées avec raison, bien qu'il ne les ait pas réfutées sur tous les points. En tout cas, les observations de Link sont insuffisantes, et son assertion, que les globules en question sont des vésicules creuses „comme des bulles de savon" n'est nullement motivée et, de plus, nullement nécessaire pour sa théorie.

Les recherches expérimentales de M. Frankenheim concernent presque uniquement la croissance et le groupement de cristaux déjà formés. L'auteur appelle le microscope à son aide, et, dans le Mémoire qui vient d'être cité, il rapporte aussi quelques observations qui, au premier abord, paraissent se rapprocher des miennes; il opère en effet, comme moi, sur des dissolutions de soufre et de phosphore. Mais il n'a d'autre but que de montrer la formation de gouttes sursaturées; il ne s'est pas attaché à entraver ou à ralentir la cristallisation, et, pas plus chez lui que chez Link, il n'est question d'une tendance à l'individualisation de ces éléments sphériques, ni de leur groupement régu-

lier. Je reviendrai plus tard sur quelques-uns des points touchés dans ce Mémoire. En somme, il n'offre avec mon travail qu'un rapport éloigné et superficiel, et ce rapport je ne l'ai aperçu qu'après coup, lorsqu'une autre voie m'eut conduit aux mêmes observations.

En insistant ainsi sur l'indépendance de mes recherches, je n'entends d'ailleurs élever aucune prétention au sujet de l'originalité des idées théoriques auxquelles elles m'ont conduit et auxquelles elles doivent servir d'appui. Le principe si simple, que la formation des cristaux dépend d'une action mécanique réciproque des plus petites parties, a déjà été invoqué si souvent et pour des considérations théoriques si diverses, qu'il serait difficile de remonter jusqu'à l'origine première de cette théorie, qui se perd dans les ténèbres des spéculations métaphysiques. Quant aux vues modernes relatives à ce sujet, j'aurai l'occasion de les rappeler à la fin de mon travail, dans la section qui traitera des conséquences théoriques.

On peut appeler *cristallites* toutes les productions inorganiques dans lesquelles on reconnaît un agencement ou un groupement régulier, mais qui ne montrent du reste, ni dans leur ensemble ni dans leurs parties isolées, les caractères généraux des corps cristallisés, notamment des contours polyédriques réguliers.

Les cristallites ne doivent donc pas être regardés comme des cristaux imparfaitement limités, déformés ou rudimentaires, tels qu'on les rencontre si fréquemment parmi les produits naturels ou artificiels. Dans ceux-ci, il est vrai, la forme extérieure n'offre souvent presque plus de trace de régularité; mais alors le clivage, les caractères de l'élasticité, nous autorisent encore à regarder ces irrégularités comme des altérations secondaires de la forme, ou à y voir le résultat de combinaisons oscillatoires, de groupements réguliers ou irréguliers, etc. Un fragment de clivage d'un cristal oblitéré de galène, une lamelle d'un cristal arrondi de gypse ne présentent dans leurs caractères physiques, dans leur structure moléculaire, rien qui les distingue d'autres fragments tirés de cristaux à contours parfaitement réguliers.

Nous savons qu'on éprouve quelque embarras à formuler une bonne définition positive de l'état d'agrégation *amorphe*, vu que le développement polyédrique de la forme extérieure, le clivage distinct, l'inégalité de l'élasticité suivant différentes directions, sont bien des attributs habituels, mais non pas absolument nécessaires des cristaux. Néanmoins, s'il est impossible d'établir sous ce rapport, même à l'aide des propriétés optiques, une distinction tranchée, personne n'a pourtant jamais hésité à appeler *amorphe* un corps auquel manquaient tous les attributs énumérés, surtout quand la même substance n'était pas connue en cristaux réguliers, ou même, en général, quand on ne pouvait pas y constater une composition stœchiométrique constante. Je crois devoir prévenir que ce n'est que dans ce sens strictement exact que j'emploierai ce mot, sans y rattacher aucune idée déterminée concernant la forme ou l'arrangement des plus petites parties *chimiques*, c'est-à-dire, des molécules ou des atomes.

De même que les résultats de l'expérience, d'accord avec les théories régnantes, n'imposent pas une limite inférieure déterminée aux dimensions des cristaux proprement dits, de même le volume des cristallites n'est pas, à la rigueur, assujetti à une limite supérieure; néanmoins, l'instabilité des conditions requises dans les liquides pour que les cristallites puissent y prendre naissance et s'y développer, aura en général pour effet de restreindre les formes à des dimensions purement microscopiques.

On ne saurait nier toutefois qu'il ne se présente ici une difficulté très sérieuse. Dans la constatation des propriétés générales des corps, comme dans celle de leurs formes particulières, nous sommes bornés par les limites de nos facultés perceptives, et la caractérisation des individus devient naturellement d'autant plus difficile et plus incertaine que nous nous rapprochons davantage de ces limites. Pour la détermination de l'état d'agrégation, cette difficulté n'a pas une grande importance aussi longtemps qu'on s'en tient à la simple opposition de *cristallin* et *d'amorphe*. Mais dès qu'entre ces deux termes extrêmes on veut en intercaler un ou plusieurs autres, destinés à marquer certains stades de transition,

certains degrés de développement de l'état cristallin, la première condition à remplir c'est de limiter exactement, d'un côté comme de l'autre, ces termes intermédiaires. Or si, dans maintes circonstances, l'état de développement est facile à reconnaître, de sorte qu'il ne reste pas de doute si l'on a affaire à des *cristaux*, à des *agrégats cristallins* ou à des *cristallites*, dans beaucoup d'autres cas ce doute subsiste bien réellement, et doit d'autant plus être pris en considération que, d'après toutes les analogies naturelles, on ne saurait admettre ici à priori une démarcation tranchée, ni par conséquent s'abstenir de la constater expérimentalement. Les cristallites doivent être regardés comme des *cristaux non développés, embryonnaires;* quant à savoir à quel point précis de l'évolution nous devons abandonner l'un des deux termes, pour nous servir de l'autre, c'est une question qui peut rester indécise provisoirement. En transportant à la nature nos distinctions traditionnelles, appropriées aux besoins journaliers, nous ne faisons qu'imposer des entraves inutiles au libre essor de l'esprit.

Du reste, l'incertitude en pareil cas ne dépend pas directement de doutes laissés par l'observation; il ne s'agit pas de savoir si les formes en question ont ou n'ont pas des contours nettement polyédriques, et encore beaucoup moins si elles appartiennent à tel ou tel système cristallin. Nous voyons avec pleine évidence que ces caractères décisifs des cristaux entièrement développés font défaut, et, d'un autre côté, nous pourrons constater, d'une manière indubitable, que des formes sphéroïdes, conoïdes ou cylindroïdes se rencontrent dans les vrais cristallites. Mais cela ne nous autorise nullement à conclure que partout où nous trouvons des configurations arrondies, indéterminées, nous ayons affaire à des cristaux imparfaitement développés, dans le sens des cristallites; de même qu'il n'est pas permis d'exclure un corps de la classe des cristallites, par cela seul qu'on y aura observé par exemple des joints linéaires ou des contours aciculaires. Les recherches dont j'ai à rendre compte tendent plutôt à établir qu'il n'existe pas et qu'on ne doit donc pas vouloir tracer une

démarcation tranchée entre les cristallites et les cristaux; plus j'ai étudié les phénomènes dont il s'agit, plus j'ai acquis la conviction qu'ils promettent de combler peu à peu l'intervalle qui paraissait séparer les divers états d'agrégation, de manière à faire apparaître de plus en plus, ici comme partout ailleurs, la simplicité de la marche évolutive de la nature.

I. Cristallites du soufre.

Depuis que l'examen microscopique m'a fait découvrir, il y a quelques années, dans une scorie de haut-fourneau, ces productions remarquables qui se présentent comme des groupements réguliers de corpuscules ayant chacun séparément une forme sphéroïdale, mon attention a été constamment tournée vers les cristallites, et j'ai cherché à rassembler de nouveaux faits pour donner une base suffisante à la solution des graves questions auxquelles ces productions donnaient lieu. L'étude de nombreux échantillons de scories et de verres m'a sans doute fourni l'occasion d'observer d'intéressantes modifications des cristallites; mais il était presque impossible de cette manière d'arriver à des notions précises sur leur origine et leur développement, vu que les matières scoriacées et vitreuses, comme on a à peine besoin de le dire, ne se prêtent à ces recherches minutieuses qu'après leur entière solidification. Il fallait donc avoir recours à des cristallisations qui, se faisant en l'absence de températures élevées, rendissent possibles les observations génétiques, et chercher à introduire dans ces cristallisations les conditions auxquelles était due, dans les verres, la production des cristallites; ce ne fut qu'après des recherches longues et laborieuses que je parvins à un résultat satisfaisant. Comme les observations faites dans cette nouvelle direction facilitent l'intelligence de ce qui se passe dans les matières siliciées, et comme elles ouvrent des points de vue particuliers pour la formation des cristaux en général, je vais en rendre compte avant de donner la description des cristallites qui prennent naissance au sein des verres naturels et artificiels.

L'étude des cristallites des scories ne m'avait laissé aucun

doute qu'ils ne dussent principalement leur origine à ce que la séparation d'une combinaison chimique déterminée, la différenciation du magme total, était accompagnée de la solidification progressive de ce magma dans toutes ses parties, à ce que le milieu ambiant amorphe passait de l'état liquide à l'état solide en même temps que la matière cristallisante. Le milieu amorphe opposant par ce passage une certaine résistance à la manifestation de la forme et au groupement des plus petites particules, la formation des cristaux pourra être arrêtée et fixée dans ses divers stades, et le degré de développement auquel les individus inorganiques s'offriront à l'observation dépendra, en général, du rapport entre la force de cristallisation de la substance qui se sépare et la résistance du milieu qui l'entoure. La grandeur de cette résistance est déterminée par la constitution physico-chimique du milieu; il y a à tenir compte en première ligne de son état d'agrégation et de sa densité; mais sa nature chimique, l'aptitude de la substance à cristalliser, la température etc. ont aussi les relations les plus intimes avec la grandeur de la résistance.

Le problème qui s'imposait à l'étude synthétique du sujet était donc celui-ci: faire cristalliser une substance par la voie humide, — la seule qui rende possible l'observation des phénomènes, — en lui offrant, sous la forme d'un corps qui se solidifie peu à peu, une résistance qui puisse ralentir et arrêter dans leur libre cours la formation et le groupement des plus petites parties de la substance cristallisante. Je pensai d'abord que la manière la plus simple d'atteindre le but serait de mêler des dissolutions salines avec des matières colloïdales, c'est-à-dire avec des matières n'ayant pas la propriété de cristalliser; mais j'eus beau essayer les substances les plus diverses, faire varier les proportions et la température, je ne parvins de cette façon à aucun résultat satisfaisant. J'obtins bien, dans les cas les plus favorables, des productions semblables à des cristallites, mais toujours elles étaient déjà à un état de développement plus avancé et devaient être regardées, au fond, comme des agrégats de cristaux. Le plus souvent, la séparation et la solidification du sel se pro-

duisaient à si peu d'intervalle l'une de l'autre, que les phénomènes de cristallisation ne montraient aucune différence essentielle avec ceux qu'on observe dans les dissolutions aqueuses ordinaires. Ces résultats négatifs semblaient indiquer que les phases de solidification amenées par l'évaporation de l'eau étaient, à un même moment, trop différentes pour la combinaison cristallisante d'une part et pour la substance colloïdale de l'autre; de sorte que la résistance due à la consistance pectineuse du milieu était, au moment de la séparation, encore excessivement petite par rapport à la force de cristallisation du sel employé. Peut-être aussi l'évaporation de l'eau, à la température ordinaire, constituait-elle pour le sel séparé un mode de solidification trop lent, de sorte que les parties pouvaient se grouper régulièrement avant l'isolement complet du sel et que, lors de la disparition des dernières traces du dissolvant, la séparation, la formation et le groupement des particules cristallines semblaient, pour l'observateur, avoir lieu dans un seul et même instant. En donnant cette explication, j'anticipe sur certaines vues qui ne trouveront leur justification que dans les expériences qui seront décrites plus tard.

J'étais donc conduit à faire choix de substances telles que, l'évaporation du liquide dissolvant se faisant avec plus de rapidité, l'agent enrayeur conservât pourtant la consistance convenable. Il est inutile de rappeler tous les essais infructueux auxquels je me livrai. Si la patience ne m'abandonna pas, il faut l'attribuer en partie à l'attrait spécial que présente l'observation des phénomènes si variés de la cristallisation, en partie aussi à la conviction dont j'étais animé q'il s'agissait de réaliser un état anormal, difficile à saisir. Finalement, je trouvai dans la dissolution du soufre dans le sulfure de carbone, avec une matière résineuse (baume du Canada) pour agent de résistance, le mélange désiré. Les autres corps solubles dans le sulfure de carbone, notamment le phosphore et l'iode, n'offrirent pas autant d'avantages que le soufre. Tous les deux possèdent une force de cristallisation beaucoup moindre; avec le phosphore, les manipulations sont en outre trop incommodes. Sous d'autres rapports, il sera peut-être utile

plus tard de comparer entre elles des substances différentes. Mais ici, où il ne s'agit que d'apprendre à connaître, sur un corps quelconque bien cristallisable, l'influence d'un agent de résistance, je me borne à décrire, dans toutes les modifications que j'ai observées, le cas spécial indiqué ci-dessus. Je ne puis qu'engager le lecteur à exécuter une couple d'essais très simples, pour prendre une idée nette des phénomènes. A cette fin, je donnerai aussi exactement que possible la manière de composer le mélange, de sorte qu'on pourra être passablement sûr d'obtenir, sans beaucoup de peine, des préparations très instructives. Il y a deux points principaux auxquels on doit avoir égard, savoir, le degré de consistance ou de viscosité du baume du Canada et la proportion du soufre relativement à celle de cet agent de résistance; le rapport entre la quantité de sulfure de carbone et celle des deux autres éléments est de moindre importance. Jusqu'à un certain point, on est toujours réduit à faire des essais successifs; le mieux sera, d'après mon expérience, de procéder de la manière suivante.

Dans un petit vase pouvant être couvert — un petit creuset de porcelaine, auquel on a donné de la stabilité en le mastiquant sur une planchette, convient très bien — on met environ un demi-centimètre cube de baume du Canada avec un volume double de sulfure de carbone, et on mélange les deux substances intimement à l'aide d'une baguette de verre. On obtient ainsi un liquide parfaitement limpide et sans viscosité. D'autre part, on dissout un fragment de soufre, de la grosseur d'un petit pois, dans trois ou quatre fois son volume de sulfure de carbone, et on verse cette dissolution dans le liquide précédent. Le mélange ainsi préparé, on en porte, à l'aide d'une baguette de verre bien propre, quelques gouttes sur un porte-objet, pour les observer au microscope, sous un grossissement de 100 à 200 fois. Après chaque essai, la baguette de verre doit être nettoyée, afin que le soufre qui s'y est déposé ne vienne pas en contact avec le liquide; ce nettoyage s'opère facilement lorsque, entre les essais, la baguette est maintenue dans un petit flacon rempli d'alcool; on peut alors l'essuyer commodément avec un linge. Pour corriger le mélange,

quand cela est reconnu nécessaire, on se sert, non pas directement du soufre ou du baume du Canada, mais de leur dissolution ou mélange avec le sulfure de carbone. Si la cristallisation marche trop rapidement, de sorte qu'on ne peut en suivre les stades successifs et qu'il ne se forme que de vrais cristaux ou agrégats de cristaux, on ajoute peu à peu du mélange de baume du Canada; si au contraire la cristallisaton s'arrête dans le premier stade, de façon qu'il ne se produit aucune espèce de groupement ou de transformation, on ajoute goutte à goutte de la dissolution de soufre; lorsque le baume du Canada est trop épais, on peut l'étendre d'un peu d'essence de térébenthine. Une fois qu'on a atteint le point convenable, on peut se servir du mélange pendant longtemps et dans des conditions toujours uniformes; sauf à remplacer de temps en temps, avant que des cristaux ne se montrent dans le liquide, le sulfure de carbone qui s'évapore.

Pour l'intelligence de la description qui va suivre, je renvoie à la planche VI, dont les nombreux détails sont presque tous empruntés à une seule préparation, particulièrement heureuse.

Portée sous le microscope, une goutte du mélange s'y montre d'abord claire, homogène, et sans mouvement, lorsque sa surface n'est pas couverte de fines particules de poussière qu'agite le mouvement moléculaire interne. Peu à peu se manifeste au bord de la goutte la séparation de petites sphères jaunes mobiles. On les voit se diriger en courant rapide du bord vers le centre, où, dans les premiers moments, elles sont dissoutes de nouveau par le sulfure de carbone en excès. Mais, il s'en forme toujours de nouvelles, elles sont toujours en plus grand nombre, elles pénètrent toujours plus loin dans l'intérieur, jusqu'à ce que le mouvement se soit étendu sur la surface entière; après quoi, l'évaporation continuant à faire des progrès, ce mouvement se ralentit et finit par s'arrêter complétement.

Les globules jaunes, aussi longtemps qu'ils apparaissent à l'état de sphéroïdes liquides, ne sont pas simplement du soufre, qui n'est pas liquide à la température ordinaire; ce sont des gouttes d'une dissolution sursaturée de soufre dans le sulfure de

carbone. Comme telles, elles possèdent toutes les propriétés générales des lames liquides. Leur surface est constituée par une pellicule liquide, qui est douée d'une certaine élasticité et d'un certain pouvoir de résistance. A proprement dire, cette pellicule est double: il y en a une interne, qui appartient à la goutte, et une externe qui est formée par le milieu ambiant. La pellicule met à la réunion rapide des gouttelettes un obstacle de plus en plus grand à mesure que l'évaporation fait des progrès. A l'origine, le contact est suivi presque immédiatement de la réunion et par suite de l'accroissement des gouttelettes; plus tard, les petits sphéroïdes viennent bien se juxtaposer et s'aligner, mais le contact doit se prolonger pendant un temps plus ou moins long, avant que le mouvement moléculaire interne ait rompu la pellicule et par là rendu possible la réunion. Cette réunion, cette fusion de plusieurs sphéroïdes entre eux, paraît être le seul mode de croissance de ces productions; un accroissement direct, moléculaire, ne s'y observe pas. Lorsque, accidentellement, la cristallisation se déclare en un point dès le commencement et qu'une aiguille cristalline vient à flotter dans le liquide, cette aiguille grandit, aussi longtemps que la résistance du milieu reste faible, exactement de la même manière que nous l'observons dans une dissolution aqueuse ordinaire; mais, dans le même liquide où l'aiguille de soufre croît rapidement, par voie moléculaire, les gouttes liquides nagent sans éprouver un changement quelconque dans leur forme ou dans leur grosseur.

Les sphéroïdes qui apparaissent au sein du liquide sont donc indubitablement des gouttes sursaturées. Mais lorsque, au moment où le dernier reste du dissolvant s'échappe, le milieu ambiant a acquis la consistance convenable, la résistance qui en résulte empêche définitivement la transformation ou le groupement des sphéroïdes et le soufre se solidifie sous la même forme, à l'état de globules transparents et isotropes.

Nous donnerons à l'avenir le nom de *globulites* à ces petits sphéroïdes, qui nous présentent la forme primitive sous laquelle un corps cristallisable se sépare d'un milieu qui lui offre une certaine résistance.

Avant d'aller plus loin, je présenterai quelques remarques qui se rattachent aux travaux déjà cités de Link et de Frankenheim. J'ai dit que dans mes expériences les gouttelettes se figeaient sous la forme sphérique, qu'elles se changeaient en globules solides, isotropes. La meilleure preuve qu'on puisse donner de ce changement d'état est celle qui résulte de la connexion des phénomènes avec ceux dont nous aurons à parler plus loin; car, dans les silicates par exemple, où l'on observe des productions tout à fait analogues, il ne peut guère être question de leur attribuer l'état liquide. Dans les préparations microscopiques faites avec le soufre, le baume du Canada est complétement durci au bout d'un petit nombre d'heures; je conserve quelques-unes de ces préparations depuis plus d'un an déjà, et pourtant les globules sont encore aussi diaphanes qu'au moment de leur formation, quoique sans aucune espèce d'action sur l'appareil de polarisation. Dans ces conditions, et eu égard aux propriétés générales des corps employés, ce serait, non pas l'existence de l'état solide, mais celle de l'état fluide, qui exigerait une preuve spéciale. M. Frankenheim a opéré simplement avec des dissolutions de soufre dans l'essence de térébenthine ou dans le sulfure de carbone. Il se forme alors également des gouttes sursaturées, mais qui, en se solidifiant, donnent, sans exception, des cristaux ou des agrégats de cristaux, précisément parce que la faculté de résistance fait défaut au milieu. Du reste, au point de vue du groupement régulier, de la formation des cristallites proprement dits, l'état d'agrégation des globules n'est, à vrai dire, qu'un point accessoire; la tendance à l'individualisation existe déjà, en tout cas, dans les gouttelettes liquides. On peut donc aussi très bien parler de globulites liquides, et, à l'occasion, j'emploierai le mot dans ce sens.

L'opinion de Link, que les globules de ce genre sont des vésicules creuses, n'est motivée par rien et se réfute facilement. Il suffit de chauffer une préparation sous le microscope: on ne verra les globules ni crever, ni éprouver une dilatation sensible. Je ne veux toutefois pas décider si les productions sphéroïdales ob-

servées par Link étaient bien réellement des globulites. J'ai modifié les expériences de cet auteur, en ce que j'ai ajouté une dissolution de gélatine aux liquides dans lesquels j'observais la formation de précipités chimiques. Je mentionnerai ici une de ces expériences, parce que, sous un autre rapport, elle présente un intérêt plus général. Lorsqu'on mêle une dissolution assez étendue de gélatine avec de l'eau de chaux, et qu'on laisse se dessécher lentement à l'air une goutte du mélange, le carbonate de chaux se sépare sous forme de petites sphères, et celles-ci se groupent d'une manière caractéristique. En ajoutant du carbonate d'ammoniaque étendu, j'ai obtenu aussi des groupements dendritiques et rayonnés délicats. Ces formes me rappelèrent immédiatement les productions singulières et souvent discutées qu'on a trouvées dans certains calcaires anciens, et qui ont été décrites, sous le nom d'*Eozoon*, comme les foraminifères les plus anciens. Je signale ici simplement cette ressemblance, laissant à des juges plus compétents le soin d'en apprécier la valeur. Ce que j'ai vu moi-même, sous le nom d'*Eozoon canadense*, ne montrait que des formes beaucoup plus imparfaites que celles de mes précipités artificiels.

Tous ces précipités agissaient du reste sur la lumière polarisée, de sorte qu'on ne peut pas les placer, sans réserve, sur la même ligne que les globulites de soufre, bien que la double réfraction, comme on sait, soit loin d'être exclusivement propre aux substances cristallines proprement dites.

Je reviens maintenant à la description de mon expérience fondamentale, à la production des cristallites.

Il n'est guère possible de décider, vu l'imperfection des moyens de mesure, si la forme primitive des plus petits globulites revient effectivement, suivant les apparences, à celle d'une sphère parfaite, ou si elle est plus ou moins ellipsoïdale.

Lorsque le baume du Canada exerce une résistance suffisante, tout le soufre se solidifie sous forme de globulites. Lorsque au contraire on n'a ajouté que du baume d'une consistance fluide, et en petite quantité, la cristallisation s'établit rapidement, et

ce n'est ordinairement qu'au bord de la goutte que des globulites persistent sous leur forme initiale. Entre ces deux limites se trouvent les différents stades d'un groupement lent, d'une transformation lente des éléments sphéroïdaux [1]).

Les petits globulites restent, d'une manière permanente, clairs, jaunâtres, transparents, et ils sont optiquement isotropes, car ils ne manifestent aucune action dans l'appareil de polarisation. Les gouttes de dimensions plus grandes montrent ordinairement à l'intérieur, au moment de la solidification, une condensation ou un groupement régulier, qui fait apparaître une croix foncée ou un rectangle au milieu du disque, dont la forme extérieure circulaire n'est du reste pas modifiée. Dans cet état le disque reste à réfraction simple, et pendant quelques instants il conserve sa transparence, probablement à cause des traces de sulfure de carbone qui sont encore emprisonnées entre les particules solides du soufre. Au moment où ces dernières traces s'échappent, la sphère devient opaque, d'un jaune blanchâtre, tout à fait amorphe en apparence.

En ce qui regarde maintenant le groupement des globulites, il faut distinguer la disposition en files ou en amas, qui est déterminée principalement par les courants extérieurs ou, en général, par le mouvement moléculaire du magma ou dissolvant, de l'arrangement qui est dû spécialement à l'activité moléculaire interne des globulites, — dans notre cas, à la force de cristallisation du soufre.

En général, il n'est peut-être pas possible de séparer nettement les effets de ces deux actions mécaniques dans la formation des cristaux; pour l'explication des formes cristallines spécifiques ou l'interprétation du polymorphisme, le rapport variable entre l'activité moléculaire externe et interne peut avoir une importance majeure, mais, jusqu'ici, l'observation n'a pas encore fourni des

---

[1]) Quand, au lieu de soufre, on prend du phosphore, on parvient à peine à un groupement régulier de globulites; quant à la cristallisation, je n'ai pas encore réussi à l'obtenir.

jalons suffisants pour qu'on puisse suivre cette direction avec fruit. Lorsque nous parlons par exemple de la force de cristallisation du soufre, il demeure incertain quelle influence le sulfure de carbone, employé comme dissolvant, a pu exercer sur la forme spécifique rhomboïdale des cristaux du soufre; quant au baume du Canada, avec sa consistance pectineuse, on peut supposer qu'il ne joue d'autre rôle dans le groupement et la transformation des globulites du soufre que celui d'un agent de résistance, opérant à l'extérieur d'une manière symétrique.

Par l'effet du courant moléculaire du magma et par celui de l'attraction et de l'adhésion réciproques des globulites, ceux-ci se groupent ou se réunissent dès le moment où ils commencent à se séparer du liquide. L'alignement et le mouvement des globulites se font en général dans le sens des rayons, de sorte qu'il se forme au bord de la goutte des groupes qui convergent vers l'intérieur, et du sommet desquels partent de simples cordons de globulites plus gros, qui s'avancent vers le centre. Un pareil groupement montre donc toujours un rapport déterminé avec la forme générale de la goutte; mais il n'y a pas à douter que, à lui seul, le travail moléculaire interne des globulites tend aussi à leur donner et leur donne en effet, dans le cas le plus simple, un arrangement sériaire.

Pour faire cette observation, on doit chercher à obtenir, en augmentant la proportion de baume du Canada, un mélange qui, après l'évaporation du sulfure de carbone, apparaisse comme un champ plus ou moins étendu semé en quelque sorte de globulites de la plus petite dimension. On voit alors, quand déjà le liquide extérieur est entré tout à fait en repos, et souvent même encore longtemps après, un mouvement particulier dans l'amas de globulites, mouvement qui imprime aux sphérules isolées un balancement lent et alternatif, et finit par les rapprocher l'une de l'autre suivant certaines directions. Tous les globulites ne prennent pas part au mouvement, les efforts moléculaires se neutralisant probablement pour beaucoup d'entre eux; mais, finalement, on voit pourtant un grand nombre de petits chapelets, les uns droits, les

autres courbes, disséminés entre les formes isolées, comme le représente notre Pl. VI dans la partie gauche supérieure du champ. Ainsi qu'il a été dit, les mouvements persistent encore, ou plutôt ils commencent seulement dans la forme indiquée, quand déjà tout le sulfure de carbone s'est volatilisé et que les gouttes les plus grosses sont depuis longtemps arrivées, de la manière décrite ci-dessus, à l'état solide et cristallin. Lorsque la cristallisation proprement dite s'empare de la préparation microscopique, il reste encore fréquemment, près du bord, une large zone à petits globulites; mais ici la couche est ordinairement trop mince, et l'adhésion au verre et à la surface supérieure du baume du Canada met obstacle à la liberté des mouvements. Néanmoins, on voit encore parfois se former dans cette zone des petits chapelets semblables à ceux dont il a été question plus haut.

Ces globulites enchaînés suivant une seule direction constituent donc la forme la plus simple des cristallites composés. Si l'on veut donner à ces formes un nom particulier, on peut choisir convenablement celui de *margarites*, à cause de la ressemblance avec un collier de perles. Les cristallites des roches naturelles seront décrits plus tard, dans un chapitre spécial; nous mentionnerons pourtant, dès à présent, qu'on trouve fréquemment dans les roches vitreuses, et surtout dans les perlites de la Hongrie, des matières silicatées microscopiques dont la forme ressemble exactement à celle des margarites de soufre dont il vient d'être parlé.

En dépit du mode caractéristique de formation, tel que nous avons appris à le connaître dans le cas particulier qui nous occupe, on se déciderait difficilement à voir dans le simple enchaînement linéaire un degré particulier d'individualisation, si ces formes ne se liaient pas de la manière la plus intime, par des passages, au degré immédiatement supérieur, dans lequel apparaît un agencement axonal bien déterminé.

Ce degré supérieur de développement des cristallites est caractérisé par la circonstance que les globulites s'unissent régulièrement entre eux non plus suivant une direction unique, mais

suivant des directions différentes, qui se coupent sous des angles déterminés. De cette manière il se forme dans le baume du Canada, quand le mélange a la composition convenable, des groupements semblables à ceux qui sont figurés Pl. VI, dans la partie moyenne gauche du champ.

La forme la plus élevée, qui s'avance à gauche vers l'intérieur, est la plus régulière, et constitue un réseau d'axes dans lequel les globulites sont groupés manifestement suivant deux directions perpendiculaires entre elles; une troisième direction, perpendiculaire aux deux premières, n'a pu être reconnue avec certitude; en tout cas, les deux directions situées dans le plan d'étalement de la goutte paraissent toujours rester prédominantes dans le groupement.

Les cristallites tout à fait réguliers, comme le précédent, et dans lesquels les globulites constituants ont aussi à peu près la même grandeur, sont rares; mais, si l'on tient compte des conditions défavorables, ils paraîtront encore assez fréquents. On comprend en effet, que la séparation successive et irrégulière des globulites et l'attraction des surfaces doivent, dans une couche liquide aussi mince, entraver la production de formes régulières. Mais les formes de transition, telles qu'on les voit au milieu et dans la partie gauche de la figure, ont aussi un grand intérêt théorique, parce qu'elles nous dévoilent clairement, même sans l'observation de la marche successive du phénomème, la manière dont elles ont pris naissance. On reconnaît en effet que ces cristallites sont le produit de l'attraction réciproque des globulites, car jusqu'à une certaine distance, qui représente le rayon de la sphère d'attraction pour le cas considéré, on ne voit pas de globulites isolés, ces globulites étant tous entrés, comme matériaux, dans la masse des cristallites. Dans les formes du milieu de la figure, on remarque en outre que les petits globulites se sont d'abord réunis en globulites plus grands, mais que, par suite de la résistance croissante, le groupement n'a pu se faire que d'une manière imparfaite. Le caractère optique de ces cristallites est très remarquable. Les globulites isolés restent tous

isotropes, comme il a été dit. Avec le groupement apparaît aussi, en général, la double réfraction; mais, plus les cristallites sont imparfaits, plus l'action est faible dans l'appareil de polarisation. Les formes semblables à celles qui occupent le milieu de la Pl. VI n'agissent pas sur la lumière polarisée ou n'agissent que très peu; mais les formes plus régulières qu'on voit en haut et à gauche de la planche montrent très distinctement la double réfraction, bien qu'on n'y observe rien qui ressemble à une circonscription régulière des individus séparés.

Des faits qui précèdent il résulte que l'attraction des globulites du soufre, lorsque l'agent de résistance extérieur ne s'y oppose pas, s'exerce principalement suivant deux directions perpendiculaires entre elles. L'effacement de la troisième direction, la forme simplement linéaire des margarites décrits ci-dessus, enfin la circonstance que chez les cristallites, comme chez les cristaux, l'accroissement se fait toujours avec beaucoup plus de rapidité dans l'une des deux directions principales que dans l'autre, tous ces faits pourraient autoriser peut-être à conclure que la force d'attraction des globulites agit essentiellement selon trois directions perpendiculaires entre elles, mais avec une intensité inégale. On voit que nous sommes ici sur la voie d'une théorie sur le caractère fondamental du système cristallin rhomboïdal.

Nous avons expliqué plus haut comment les globules s'accroissent par confluence. Dans ce cas le globulite qui s'est accru reprend toujours, aussi longtemps que la résistance extérieure est trop faible pour s'y opposer, la forme de l'équilibre parfait, c'est-à-dire la forme sphérique. Mais lors qu'une pareille fusion se fait entre des éléments qui ont déjà commencé à se grouper en cristallites, ou après que le groupement est achevé, il en résulte naturellement des formes unitaires dont la circonscription est tantôt plus ou moins onduleuse, tantôt cylindrique, tantôt en cône aigu. La Pl. VI montre dans sa partie inférieure des formes de ce genre, pour lesquelles on a pu constater bien réellement le mode de production indiqué. J'ai aussi obtenu quelquefois des formes régulièrement cylindriques ou en cône aigu, et la

réunion des globulites en aiguilles semblables n'a pas lieu de nous surprendre après les observations qui ont été communiquées.

Cette transformation de formes sphéroïdales en formes allongées, qui toutefois continuent à ne pas montrer de contours polyédriques, est de la plus grande importance pour l'explication des cristallites. Dorénavant j'appellerai *longulites* ces aiguilles à surface non anguleuse mais arrondie, qui par leurs caractères appartiennent aux cristallites.

Nous avons donc appris à connaître les globulites et les longulites comme des cristallites simples, ou comme les éléments constituants des cristallites composés, articulés; il existe entre ces formes simples et les formes composées exactement la même relation qu'entre les cristaux isolés et les squelettes cristallins, qui nous montrent des groupements réguliers, à axes parallèles, d'un grand nombre d'individus.

Une mention spéciale est due maintenant aux formes plates, tabulaires, qui sont représentées dans notre figure en haut à gauche, à côté des cristallites dont il vient d'être question. La production de ces tables se fait beaucoup plus rapidement que celle des formes décrites précédemment; elles ne prennent naissance que rarement, et je ne saurais dire dans quelles conditions spéciales. Les tables sont hexagonales, mais du système rhombique, et elles montrent à la surface un dessin d'apparence cellulaire; on n'a pu reconnaître si ce dessin était formé par des limites de densités ou par de véritables fissures. Le plus souvent toutefois ces tables sont traversées distinctement par des axes corporels, et parfois, lorsque la matière s'est trouvée en quantité insuffisante, on y observe une structure articulée tout à fait semblable à celle des cristallites; les axes ne sont pas perpendiculaires entre eux, mais leurs angles ne peuvent être donnés avec certitude.

La place que ces tables occupent dans la série des degrés de développement des cristaux est douteuse. Je crois pourtant que, en dépit de leurs contours rectilignes, on ne doit par les regarder comme des tables cristallines proprement dites; il est plus

probable qu'elles consistent en un assemblage de très petits longulites et globulites, assemblage prenant naissance lors d'une séparation rapide et régulière du soufre. Nous reparlerons plus loin de formes analogues.

Le phénomène le plus remarquable auquel donne lieu la séparation du soufre, dans les conditions spécifiées, est finalement la transformation des globulites en cristaux véritables. Lors, en effet, que le mouvement moléculaire intérieur des globulites peut encore vaincre suffisamment la résistance extérieure du baume du Canada, la gouttelette sphérique se change, au moment de la solidification, en la pyramide à contours tranchés qui est la forme primitive du soufre rhombique. Ordinairement on voit se former, autour d'un cristal déjà séparé, un squelette cristallin, tel que le représente la Pl. VI dans la partie inférieure à droite; les globulites sont amenés successivement par le courant moléculaire, et, au moment du contact, ils se solidifient subitement, en passant à l'état cristallin. Les nouvelles pyramides se placent de manière que leurs axes soient parallèles à ceux des précédentes, auxquelles elles se joignent tantôt par le sommet tantôt par les arêtes latérales, quoique, en général, plus souvent dans la direction de l'axe le plus long ou des angles aigus que dans la direction perpendiculaire. C'est ainsi, par exemple, qu'on voit naître fréquemment des formes semblables à la seconde et à la troisième des longues aiguilles qui s'avancent à gauche dans le champ de la figure.

Pour que la transformation des globulites s'opère, il faut qu'ils se trouvent à un degré bien déterminé de développement ou de sursaturation, comme il résulte déjà du fait qu'ils nagent quelquefois entre les cristaux, et les touchent même, sans subir la métamorphose, tandis qu'un peu plus tard, à un autre endroit, ils se changent subitement en octaèdres au moment du contact. Quant à savoir quel est le rôle que jouent dans ce phénomène les cristaux déjà formés; si la solidification est peut-être en rapport avec une rupture de la pellicule à l'instant du choc; si un mouvement moléculaire conforme, encore existant dans le

cristal solide, détermine l'orientation parallèle du cristal nouveau, — ce sont là des questions qui restent sans réponse. On constate toutefois que, par l'adjonction et la transformation successives de globulites, il se forme finalement des squelettes analogues à ceux des cristallites, et qui, en vertu du parallélisme universel des axes, peuvent être considérés comme un cristal simple, au sens cristallographique.

Il est intéressant d'observer comment la résistance du magma extérieur devient peu à peu trop grande, et comment alors il ne se forme plus de cristaux mais des cristallites, tels qu'ils ont été décrits précédemment et qu'ils sont figurés dans la partie inférieure de la Pl. VI (le groupe entier représenté par cette planche, avec les divers stades des cristaux et des cristallites, est emprunté à une seule préparation). Dans cette phase, si quelques globulites isolés sont encore entraînés vers les cristaux proprement dits, ils y restent bien attachés, mais ils ne changent plus de forme.

La rapide cristallisation des formes aciculaires relativement grandes, que l'on peut observer d'ailleurs dans la plupart des expériences, n'offre pas un grand intérêt. Ce sont ordinairement des aiguilles qui sont constituées par un assemblage d'octaèdres, et dont notre planche représente différentes modifications. Fréquemment on voit des formes, comme celle du bas de la planche, qui, par suite d'une croissance inégale suivant les différentes directions, sont devenues spiculaires. Elles montrent en outre, de distance en distance, des angles rentrants, et, à l'intérieur, des assemblages rhombiques de joints ou de stries. La plupart des aiguilles peuvent se comparer à des épées dentelées ou à des scies doubles, et toujours l'angle obtus de la pyramide occupe le côté de l'aiguille, tandis que l'angle aigu est dans la direction longitudinale. La formation et la croissance de ces aiguilles cristallines se font ordinairement avec trop de rapidité pour qu'on puisse en suivre les détails; quelquefois pourtant j'ai vu des cristaux de ce genre s'accroître très distinctement par l'accession et la transformation de globulites.

II. Cristallites dans des verres artificiels.

Les observations sur la formation des cristallites de soufre, dont il a été question dans le chapitre I, ont notablement avancé nos connaissances au sujet du mode de naissance de ces productions cristallines embryonnaires. Nous savons que leur formation repose sur un rapport spécial entre la force intérieure de cristallisation de la substance qui se sépare et la résistance mécanique du milieu ambiant. Dans un mélange aussi hétérogène que celui constitué par la dissolution de soufre et le baume du Canada, en présence de conditions d'espace et de masse aussi défavorables et d'états de solidification aussi inégaux que nous les offrent des préparations microscopiques, nous ne pouvons pas espérer de rencontrer les cristallites à leur état de développement le plus net et le plus parfait. Les conditions sont fréquemment plus favorables dans de grandes masses de silicates en voie de solidification, au sein desquelles se sépare une combinaison chimique déterminée, dont la complète individualisation est contrariée par le magma environnant, qui tend également à passer à l'état solide. Dans les verres artificiels les cristallites sont loin d'être rares et, sans aucun doute, on aurait encore beaucoup plus souvent l'occasion de les observer, si les produits troubles et opaques n'étaient pas contraires à l'intérêt des fabricants de verre. Les scories de forge sont à l'abri de considérations de cette nature; aussi les productions cristallitiques y sont-elles généralement répandues; mais, on comprend que même ici les conditions de solidification soient rarement assez favorables, pour qu'on puisse étudier les différents degrés de développement dans une seule et même scorie. Nous allons faire connaître en détail quelques-uns de ces cas rares, en ayant soin d'éclairer la description des faits au moyen de bonnes figures.

Les Planches VII et VIII sont des vues microscopiques d'un laitier de haut fourneau de la forge Frédéric-Guillaume près de Siegburg, par lequel mon attention a été attirée pour la première

fois sur les cristallites. J'ai déjà décrit ce laitier dans une occasion antérieure (Poggend. *Annal.*, CXXI, pag. 101). Il ne présente rien de particulier dans sa composition chimique; sa couleur est le vert poireau foncé, nuancé de vert olive et de noirâtre; sa cassure est parfaitement conchoïde, son éclat vitreux mat. Il n'est pas rare d'y rencontrer des concrétions cristallines, de couleur claire, bleuâtre ou jaunâtre, et qui atteignent parfois un diamètre de deux centimètres. Quant à la masse foncée principale, la pâte du laitier, elle se résout sous le microscope, à un grossissement de 500 fois, en images semblables à celles que reproduisent les Planches VII et VIII. Sur un espace restreint, l'état de développement présente une certaine uniformité; on voit rassemblées par exemple, soit des formes analogues à celles de la Pl. VII, soit des cristallites en feuille de fougère semblables à ceux de la Pl. VIII. Toutefois, dans la plupart des préparations ayant environ 2 centimètres carrés de surface, on peut trouver tous les degrés de développement que nous avons figurés.

Pour l'intelligence complète des figures, je dois prévenir qu'elles se rapportent à des lames taillées, minces, d'une épaisseur de 0,05 à 0,08 mm. D'après cela, non-seulement des productions d'apparence rudimentaire se montreront aux surfaces qui limitent la préparation, mais encore aucune forme allongée, à moins qu'elle ne soit par hasard située précisément dans le plan de la préparation, ne pourra être vue dans toute son étendue, même si nous projetons les différents niveaux de la préparation sur le plan du dessin. Le plus souvent nous n'avons donc pas devant nous les formes complètes, puisque celles-ci ont été mises en pièces. Ensuite on ne doit pas supposer que les cristallites montrent toujours la même forme, la même position et le même groupement qu'ils avaient au moment où ils ont pris naissance; ils peuvent croître, se réunir ou aussi s'endommager réciproquement, pendant qu'ils se meuvent avec et dans la masse vitreuse liquide. Dans le cas spécial qui nous occupe, les phénomènes de ce genre ne jouent toutefois pas un grand rôle, de sorte que nous ne nous appesantirons pas davantage sur ce sujet.

Sur la Pl. VII on reconnaît de suite les globulites et les longulites, tels qu'ils ont été décrits et figurés d'après les observations faites sur la séparation du soufre. Les globulites individuels ont des diamètres qui vont jusqu'à 0,08 mm., et leur forme, pour autant qu'on peut en juger par des observations microscopiques, est celle d'une sphère parfaite. Assez souvent les globulites sont accumulés irrégulièrement, mais, en général, on les voit groupés, au nombre de quatre ou de huit, dans un même plan, autour d'un centre commun ou autour d'une sphère centrale. Lorsque la sphère centrale est couverte d'autres globulites sur toute sa surface, on ne peut guère reconnaître de régularité dans le groupement; mais de pareils agrégats sont rares chez ces globulites de grande dimension; le groupement en un plan est de beaucoup le plus fréquent.

Il n'est pas rare que le groupement des globulites soit accompagné de leur union partielle ou totale, et on a surtout fréquemment l'occasion d'observer des formes dans lesquelles on saisit un passage entre les groupes à huit sphères distinctes et des corps tétragonaux à contours rectilignes, qui ressemblent tout particulièrement à des trapézoèdres. Les formes sont trop petites pour permettre une détermination exacte, et il est impossible de savoir avec certitude s'il s'agit réellement d'une cristallisation régulière. En tout cas, il s'est fait ici une réunion de plusieurs globulites en une forme d'ensemble, à laquelle nous ne pouvons refuser les caractères morphologiques généraux des cristaux véritables. Toutes ces formes sont absolument sans action sur l'appareil de polarisation.

Le groupement ou plutôt l'union simplement linéaire des globulites se rencontre aussi fréquemment. Je n'ai pas observé de margarites proprement dits, mais, par leurs étranglements et leurs divisions transversales, les formes allongées laissent encore facilement reconnaître les globulites individuels dont l'assemblage les a constituées. Ces formes ne présentent pas toujours une direction rectiligne suivant leur longueur, soit que le groupement ait manqué de régularité dès l'origine, soit que les formes aient subi plus tard une incurvation.

On ne voit que rarement des formes semblables à celle qui est représentée sur la Pl. VII, en haut à droite, c'est-à-dire des formes qui manifestent un agencement régulier, ordinairement rectangulaire, quoique le cristallite entier se montre composé de globulites de grande dimension.

Du reste, la plupart des longulites, et en particulier toutes les aiguilles en cône aigu, que nous remarquons sur la planche, ne doivent pas leur origine, ou ne la doivent qu'en partie, au simple groupement linéaire des globulites. Ces aiguilles sont toujours énantiomorphes; à l'une des extrémités elles se terminent en une pointe extrêmement fine, qui parfois porte encore une petite étoile très déliée; à l'autre extrémité elles s'épaississent, montrent fréquemment une division transversale simple, et se terminent ordinairement en bouton, soit par un gros globulite, soit par un groupe stelliforme. Dans cette dernière direction, l'aiguille paraît s'être accrue par simple enchaînement linéaire de globulites de grande dimension. Au côté aigu, au contraire, on peut souvent reconnaître que les aiguilles ne se sont pas formées, dans cette partie, par simple jonction sériaire, comme cela est le cas pour les margarites, mais que les éléments sphériques, de la plus petite espèce, ont aussi convergé latéralement de diverses directions, pour venir se réunir en longulites. Là où une aiguille se montre ainsi composée de globulites de la plus petite dimension, ceux-ci sont toujours situés de manière à alterner entre eux latéralement. On observe d'ailleurs tous les degrés différents d'union des globulites, depuis la simple juxtaposition, qui les laisse voir isolément, surtout à la surface de taille de la préparation (Pl. VII, en haut à gauche), jusqu'à une union assez intime pour ne plus se dénoter que par de faibles indices d'articulation transversale. Le plus souvent toutefois, les aiguilles sont si lisses et à bords rectilignes si nets, que, sans les formes intermédiaires susdites, il serait impossible de deviner leur mode de formation. Il arrive pourtant quelquefois que ces aiguilles lisses sont chargées latéralement de séries alternes de globulites de la plus petite espèce, et à la pointe on voit fréquemment une

étoile très menue, résultat du groupement des plus petits globulites après que leur réunion en longulites s'est trouvée arrêtée par la résistance du magma (Pl. VII, à droite). Dans les cas dont il vient d'être question, les globulites de la plus petite espèce mesurent tout au plus 0,0005 mm.

Il est probable que cette formation de longulites par rapprochement latéral de globulites a aussi eu pour point de départ un groupement quaternaire ou octonaire; malheureusement cela n'a pu être constaté par l'observation directe. A un grossissement tel qu'il est nécessaire pour ces objets (1000 fois), de pareilles déterminations deviennent incertaines; la disposition alterne des globulites sur chaque côté de l'aiguille a seule pu être reconnue d'une manière indubitable. Dans quelques cas particuliers, du reste, la constitution ternaire de l'aiguille m'a paru la plus probable.

D'autres particularités, dont l'importance pour la connaissance du mode de groupement n'est pas moindre, ont pu être observées avec plus de certitude. Les formes de transition, dans lesquelles les globulites ne s'étaient unis que partiellement, ne montraient pas, en effet, chez ces aiguilles aigues et fines, une division transversale analogue à celle des aiguilles plus épaisses; mais les lignes de séparation suivaient une direction diagonale uniforme, qui mettait en pleine évidence le fait d'un arrangement spiral des moléculites. Quelquefois on ne voyait que ces fines stries spirales sur la surface conique aiguë de l'aiguille, mais, dans la plupart des cas, l'aiguille elle-même se tordait en spirale. Cela était facile à constater nettement, vu que, dans la position horizontale de l'aiguille, il n'y avait que les sections équivalentes des spires successives, qui se trouvassent simultanément au foyer. La spirale était toujours assez allongée, mais du reste l'angle d'inclinaison n'avait pas une valeur tout à fait constante dans une même aiguille; au gros bout les circonvolutions étaient les plus rapides, vers la pointe l'angle d'inclinaison diminuait en même temps que le rayon. Je n'ai observé que des spirales tournant à droite (spirales lambda). La forme hélicoïde s'accusait

avec le plus de netteté chez quelques aiguilles qui se présentaient, non comme des cônes enroulés à section circulaire, mais comme des rubans spiraux. Ces formes, qui peuvent être comparées à un brin d'herbe tordu, se résolvaient en général distinctement en leurs globulites élémentaires, lesquels, dans ce plan enroulé, étaient placés l'un à côté de l'autre en position alterne. La Planche VII montre quelques indications de pareilles aiguilles spirales; on ne pouvait les représenter plus distinctement, si l'on voulait faire ressortir leur rapport de grandeur avec les autres formes, car ce ne sont que les plus déliés de ces longulites qui montrent un enroulement spiral. Avec un bon grossissement (800—1000 fois) le phénomène peut être facilement observé dans tous ses détails.

Un groupement régulier des longulites mêmes est rare dans le laitier que nous examinons. Quelquefois, à une aiguille plus longue, sont attachés latéralement, à angle droit, des articles plus courts, ainsi que le représente la Pl. VII dans sa partie inférieure. Rarement on voit une croix rectangulaire simple, formée par quatre grands longulites. Le plus souvent, les formes allongées semblent jetées tout à fait irrégulièrement les unes à travers les autres, comme un tas d'algues. Reste à savoir si elles n'ont pas affecté primitivement une disposition plus régulière, qui aurait été bouleversée par les mouvements de la masse. Pour le cas de notre laitier toutefois, il est difficile d'admettre qu'une pareille action ait exercé une grande influence.

Ainsi qu'il a été dit, on peut souvent suivre, sur un espace restreint, le passage des formes sphériques et aciculaires simples de la Pl. VII aux agrégats complexes reproduits dans la Pl. VIII. Je dois toutefois remarquer expressément, qu'il n'est question ici que d'un passage en ce qui concerne l'accumulation relative de l'une ou de l'autre espèce de formes, et non d'un progrès du développement, en vertu duquel les aiguilles et les sphères devraient être regardés, en général, comme des degrés préliminaires conduisant au groupement filiciforme de la Pl. VIII. Nous reviendrons sur ce point tout à l'heure. Faisons d'abord une connais-

sance un peu plus intime avec la forme extérieure de ces cristallites remarquables.

Les troncs ou axes principaux ne sont pas toujours parfaitement rectilignes dans toute leur étendue, et, par suite, les angles ne sont pas absolument constants. En général, toutefois, c'est à angle droit que partent de l'axe (ou rachis) les divisions secondaires (les *pinnae*, si nous voulons poursuivre la comparaison avec une feuille de fougère), et celles-ci forment à leur tour avec les divisions de second ordre (les pinnules) des angles, soit de 45, soit de nouveau de 90 degrés. Dans la plupart des formes étendues en ligne droite, la terminaison, pour autant qu'elle est comprise entre les surfaces limites de la préparation, paraît se faire par une sorte d'étoile corolliforme; de pareils groupes rayonnés d'axes se voient d'ailleurs aussi, fréquemment, sans aucune espèce de pédoncule, développés symétriquement dans toutes les directions. Les différents axes ne sont donc pas tous situés dans un même plan, comme la figure pourrait le faire croire; néanmoins, la croissance en un plan semble avoir été spécialement favorisée, même dans les formes à groupement central. Les formes allongées montrent ordinairement une ramification suivant deux plans perpendiculaires entre eux; dans les étoiles, avec leurs divisions multiples, les angles de 45 ou de 90° restent encore prédominants. Ces dernières formes constituent pour ainsi dire un squelette d'axes orthoédrique, dans lequel se sont développés surtout les axes principaux et les axes intermédiaires formant avec les premiers un angle de 45°.

Si nous considérons séparément un de ces plans d'axes, — et, comme nous l'avons dit, il y en a ordinairement un qui se distingue par l'étendue et l'uniformité de développement, — nous voyons huit troncs qui convergent au centre sous des angles égaux, de 45°. De ces huit troncs, ceux qui sont placés l'un à côté de l'autre présentent un développement inégal, ceux de rang alterne sont de même grandeur, de sorte que nous pouvons distinguer une croix principale et une croix accessoire, ou plutôt une croix de premier ordre et une croix de second ordre. Chacun

des quatre bras de la première constitue, à son tour, un squelette d'axes dirigés dans deux plans perpendiculaires entre eux; quant à la croix de second ordre, chacun de ses bras est formé d'un axe longitudinal, d'apparence cylindrique, qui émet des deux côtés, sous des angles de 45°, des branches plus longues. Ces branches sont donc de nouveau parallèles aux divisions de premier ordre, et elles montrent aussi, en petit, exactement la même forme et la même subdivision orthogonale. D'après cela, l'étoile est entièrement composée de branches à ramification rectangulaire, dont les quatre plus grandes, représentant les axes principaux, se coupent au centre, tandis que les autres, plus petites, se rencontrent sur la ligne des axes intermédiaires, l'intersection des unes comme des autres se faisant d'ailleurs à angle droit.

Si, poursuivant notre analyse, nous cherchons maintenant à résoudre chaque branche en ses derniers éléments simples, nous voyons bien, dans les cristallites tout à fait intacts, que les bords et les pointes extrêmes sont toujours formés de petits globulites, mais le milieu des cônes et des aiguilles est trop dense et trop opaque pour qu'on puisse, sans autre précaution, en reconnaître la structure intérieure. Nous atteignons toutefois très bien notre but en étudiant les surfaces limites de la préparation, où, par la taille, les formes ont en quelque sorte subi une dissection anatomique. De cette manière, on peut constater en toute évidence que les diverses branches, aussi bien celles du premier ordre que celles du second, sont composées dans toute leur épaisseur de petits globulites, et que jamais les axes ne sont formés de longulites unitaires, cylindriques ou coniques. Partout où de pareils axes corporels se présentent, ils ont tout au plus la valeur de ceux des longulites, décrits ci-dessus, que nous avons aussi pu résoudre entièrement en globulites groupés latéralement. Pour plusieurs des formes représentées, spécialement pour celles qui se trouvent au milieu de la Pl. VIII, on a cherché a reproduire des sections du genre de celles dont il s'agit ici.

Dans les formes allongées, à grandes divisions latérales, chaque division a une structure analogue à celle des branches des étoiles:

l'axe se compose aussi le plus souvent de globulites distincts, mais fréquemment il montre une section analogue aux formes de transition qui ont été signalées précédemment et qui s'expliquent par la juxtaposition de 4 ou 8 globulites de grande dimension.

L'extension et la ramification ultérieure des branches sont, à part la division à angle droit, très inégales; dans les étoiles toutefois, les branches de même ordre montrent souvent une conformité remarquable, qui se manifeste par l'analogie et la symétrie de la ramification, par l'égalité de développement, d'élargissement ou de rétrécissement des différentes parties. Les formes allongées se font parfois remarquer, sous ce rapport, par une interruption caractéristique; à des distances régulières on voit l'axe donner naissance à de grandes branches, entre lesquelles ne se sont développés que des ramuscules courts et simples.

Les différentes branches, dont les rameaux, d'après ce qui précède, convergent les uns vers les autres sous des angles de 45, de 90 ou de 180 degrés, n'arrivent pourtant jamais en contact immédiat; jamais on ne voit d'entrelacements en forme de treillis. Ce n'est que sur l'axe ou au centre que les divisions des divers ordres se rencontrent; partout ailleurs il reste entre elles un espace bien distinct, quoique souvent très étroit, espace qui est occupé par la matière vitreuse.

En ce qui concerne les propriétés optiques des cristallites de ce laitier, nous avons déjà dit plus haut qu'ils se montrent complétement isotropes, sans la moindre action sur l'appareil de polarisation. Mais, de cette circonstance seule, il serait hasardé de tirer la conclusion que nous avons affaire à des formes régulières ou à des rudiments de cristaux réguliers.

En beaucoup d'endroits le fond clair du laitier est encore parsemé de cristallites extrêmement petits, qui ont la forme de simples groupes d'axes étoilés, et qui sont composés, conformément à ce qui a lieu dans les cristallites plus grands, soit de quatre, soit de six globulites.

Si nous examinons maintenant la planche VIII dans ses rapports avec la planche VII, en tenant compte des notions acquises par l'étude

de la cristallisation du soufre, il ne pourra rester aucun doute au sujet de la signification des différentes formes. Pour les cristallites de la Pl. VII, le mouvement moléculaire interne, tant celui des globulites formés que celui du magma ambiant, était encore si considérable, et la résistance due à la pellicule des globulites et à l'état d'agrégation du magma était si faible, que le groupement régulier, auquel les globulites tendaient en vertu du travail de cristallisation intérieur, a pu être accompagné ordinairement de la réunion, de la fusion de ces globulites en formes unitaires. Toutes les formes relativement grandes et d'apparence simple ont pris naissance de cette manière, par la réunion de petits globulites. Même la différence remarquable qui existe entre les formes arrondies et les formes allongées est peut-être aussi due, comme pour le soufre, à de pareilles modifications mécaniques, au lieu de reposer sur une diversité réelle, substantielle.

La résistance du milieu venant à augmenter, il en résulta d'abord que les globulites ne purent plus conserver la forme d'équilibre la plus simple, mais que, suivant les directions dans lesquelles ils se joignaient, il dut se produire des arêtes, des angles et des étranglements, jusqu'à ce qu'enfin, la condensation devenant tout à fait impossible, il ne resta plus aux globulites que la faculté de se grouper en série linéaire ou en étoile. C'est ainsi que s'expliquent les formes leucitoédriques et les autres formes intermédiaires.

La planche VIII ne nous montre que des groupements réguliers de globulites de la plus petite espèce, mais ce sont précisément ces formes qui démontrent le mieux que déjà dans ces plus petits globulites il existe une certaine polarité du mouvement, qui appelle et favorise l'attraction, le groupement et la réunion suivant des directions axonométriques déterminées. Et comme les petits globulites qui composent ces formes en feuilles de fougère se trouvent, sous le rapport de l'individualisation, au même degré que les sphères beaucoup plus grosses de la Planche VII, nous pouvons aussi construire par la pensée, à l'aide de ces sphères et des longulites unitaires, les cristallites richement développés

de la Planche VIII, et par là nous faire une idée, non-seulement de la nature et du mode de leur croissance exogène, mais probablement aussi des directions du mouvement moléculaire intérieur. En admettant des conditions physiques partout égales, ou du moins variables avec uniformité, pour le magma de silicates, et en même temps une certaine durée de temps pour la séparation des plus petits globulites, les cristallites de la Pl. VII seraient les plus anciens, les premiers séparés, ceux qui, en un certain sens, se rapprochent davantage d'un degré d'individualisation plus élevé. Mais les cristallites pourraient aussi s'être séparés simultanément, et dans ce cas leurs degrés différents de développement s'expliqueraient par des différences locales, par des inégalités dans les conditions physico-chimiques, la température, la fusibilité, etc; irrégularités qui doivent nécessairement se produire dans une masse de laitier en voie de solidification.

Dans aucun autre produit métallurgique je n'ai rencontré des cristallites aussi grands et de formes aussi diverses que dans le laitier de Siegburg; mais, sous de plus petites dimensions et avec des formes ordinairement plus irrégulières, on les trouve probablement dans tous les laitiers verts, dont ils constituent tout spécialement le principe colorant. Je ne puis mentionner ici les nombreuses modifications que j'ai observées, et dont quelques-unes ont déjà été décrites et reproduites antérieurement. Comme d'un intérêt spécial, on peut citer les formes irrégulières, dendritiques, bryoïdes, dans lesquelles le groupement régulier des globulites a été empêché probablement par le mouvement de la masse ou par quelque autre cristallisation concomitante [1]). Des formes analogues se trouvent aussi dans beaucoup de roches cristallines.

Il n'est nullement certain que dans tous ces cas les cristallites représentent une seule et même combinaison chimique. Ils peuvent, en qualité de silicates d'oxydule de fer, ne pas s'éloigner beau-

---

[1]) *V.* H. Vogelsang, *Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien*, Pl. V. fig. 1.

coup de la composition de l'augite ou de l'olivine; mais, abstraction faite du manque de moyens exacts de détermination, l'imperfection même de leur individualisation nous défend de les identifier avec l'un ou l'autre de ces minéraux. Il est très possible que dans un seul et même laitier, et même dans un seul cristallite, la nature et le groupement des atomes ne soient pas exactement les mêmes pour tous les globulites. En effet, les conditions générales d'un pareil groupement régulier embrassent très probablement des systèmes cristallins tout entiers, et par suite exigent bien dans les divers globulites constituants un certain isomorphisme, mais non pas une similitude complète de composition chimique. Au reste, ces vues purement théoriques échappent encore aujourd'hui au contrôle de l'observation directe, de sorte que nous pouvons nous en tenir provisoirement à l'idée la plus simple, savoir que, au moins dans un seul et même laitier, les cristallites représentent une combinaison chimique déterminée, identique dans leurs diverses parties.

J'attache pour le moment plus d'importance à l'observation que, lorsqu'un magma de silicates est à l'état liquide, une différenciation peut s'y déclarer sans que la cristallisation progresse régulièrement avec la solidification, avec le décroissement de la température. Nous ne faisons qu'appliquer par analogie les résultats expérimentaux de l'étude de la formation des cristaux dans les solutions aqueuses, quand nous demandons, comme première condition de la cristallisation dans les magmas de silicates, une mobilité des particules aussi grande possible, un degré déterminé de fluidité de la masse. Ce n'est que lorsque cet état est atteint, que les réactions physico-chimiques, par exemple l'abaissement de la température, peuvent donner lieu à un groupement régulier de molécules homogènes. Nous aurons encore plusieurs fois l'occasion, dans la suite, de revenir sur cette considération si simple, qu'on a trop souvent perdue de vue en traitant de la formation des cristaux dans les magmas de silicates à l'état de fusion ignée.

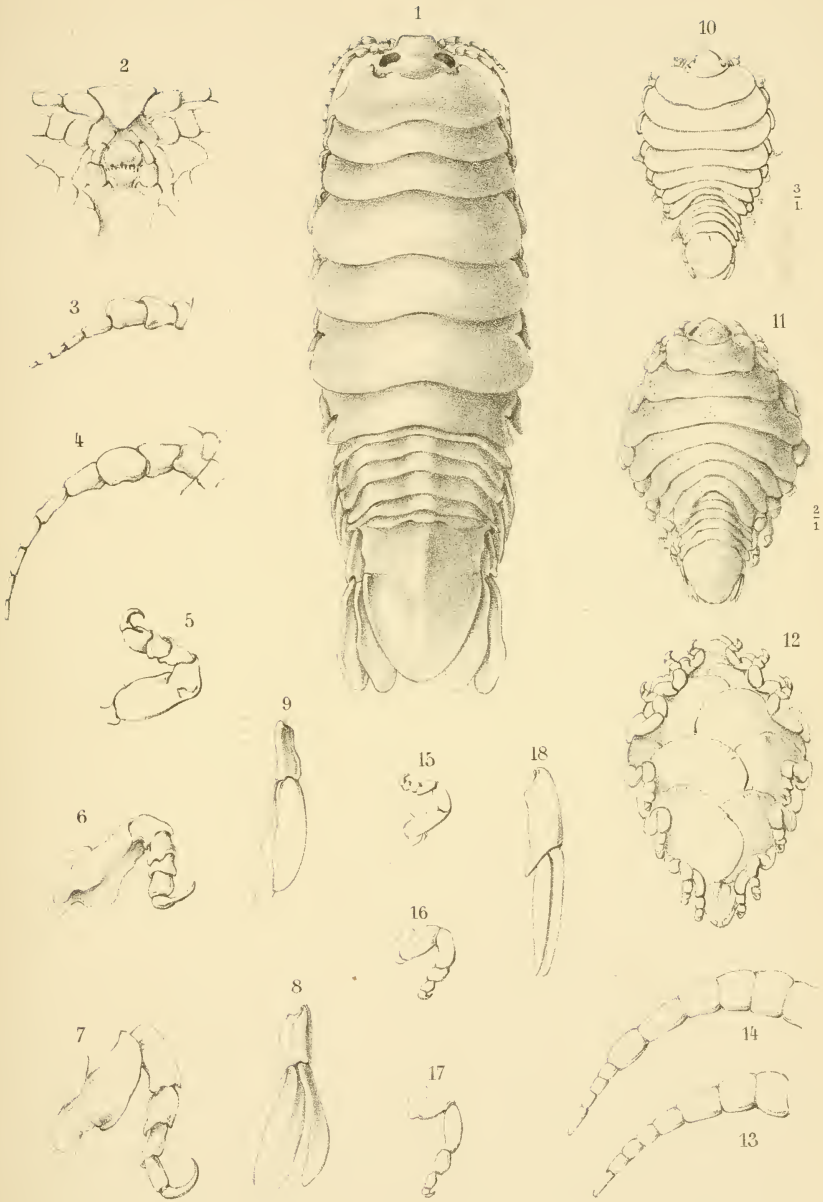
Pour terminer, nous décrirons encore un laitier qui est propre à démontrer jusqu'à un certain point, précisément pour le degré

de développement des cristallites que nous avons appris à connaître dans le laitier de Siegburg, la justesse de la considération théorique qui vient d'être rappelée.

Fig. 1, Pl. IX est l'image microscopique d'un laitier de haut fourneau de la *Königshütte* en Silésie. Ce laitier a l'aspect d'un émail, sa couleur est d'un vert vif, avec des raies plus claires et plus foncées, où l'on reconnaît distinctement la direction du mouvement de la masse, un dessin fluidal. Sous le microscope, la pâte se montre comme un verre très clair, presque incolore, dans lequel d'innombrables cristallites sont disposés parallèlement à la direction du courant. Ce sont tous des aiguilles longues et aiguës, dont le gros bout porte un bouton étoilé, et qui ressemblent par conséquent tout à fait aux cristallites énantiomorphes que nous avons décrits et figurés dans le laitier de Siegburg. Les aiguilles sont pour la plupart des longulites unitaires, mais chez un grand nombre d'entre elles la fusion des globulites n'a pas été complète; à l'aide d'un fort grossissement elles se résolvent, en tout ou en partie, en globulites distincts. Il est rare que les longulites viennent à se grouper; du reste, en admettant même que la tendance au groupement ait existé, elle a dû être contrariée par le mouvement de la masse. Dans les raies fluidales claires les cristallites sont en petit nombre, mais de grande dimension; dans les parties foncées ils sont nombreux, mais petits. Tous, comme nous l'avons dit, sont situés, d'une manière générale, dans la direction du courant; parfois on remarque un amoncellement des aiguilles, et il n'y a pas à douter que leur séparation n'ait eu lieu ou du moins n'ait commencé pendant que la masse vitreuse liquide était en mouvement. Considérés sous le rapport de la position de la pointe et du bouton, les cristallites ne sont du reste pas orientés de la même manière, ainsi que le montre la figure; parfois, une étoile forme le milieu de deux cristallites placés symétriquement. Fréquemment on voit de ces petits cristallites étoilés sans aiguille, mais jamais je n'ai vu d'aiguille sans étoile, à moins que celle-ci n'eût été enlevée par l'opération de la taille. Les étoiles montrent de nouveau un

groupement quaternaire ou octonaire, qui toutefois n'est que peu prononcé dans la plupart des petites formes arrondies. Les aiguilles les plus grandes ont une longueur d'environ 0,2 mm., avec un diamètre de 0,006 mm. au gros bout; l'étoile qui surmonte celui-ci, mesure environ 0,01 mm. dans son plus grand diamètre. La grande majorité des cristallites reste toutefois beaucoup au-dessous de ces dimensions. Les longues aiguilles montrent aussi quelquefois un enroulement hélicoïde, et, en général, on retrouve ici presque toutes les particularités qui ont été décrites en détail à l'occasion du laitier de Siegburg. La figure 2, Pl. IX, sera décrite dans le chapitre suivant.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20



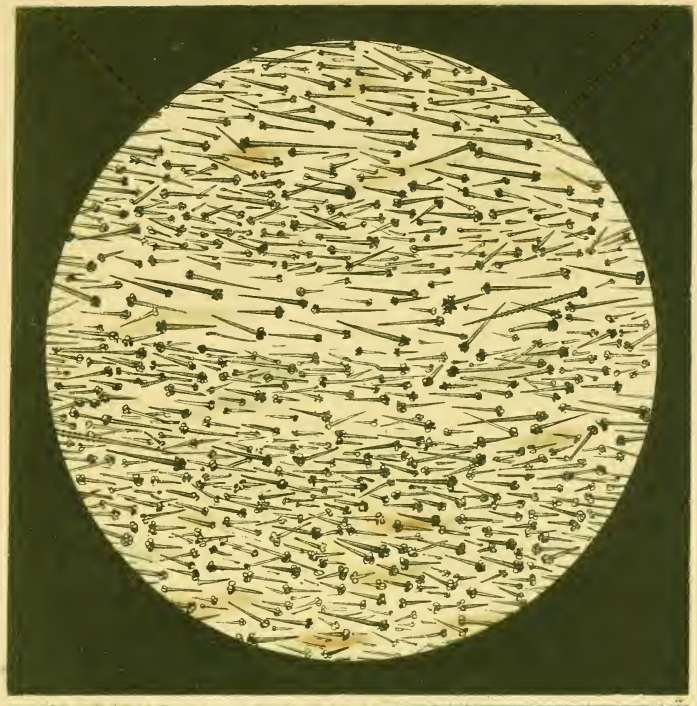
Epichthys giganteus Fig. 1-9. Ichthyoxenos Jellinghausii Fig. 10-18

K. J. W. ad nat. et in lap. del.

F. W. M. T. imp.

Wendel del. Meisenbach Riffarth & Co. Munchen

Ernst del.



ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LES

CHALEURS SPÉCIFIQUES DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES

PAR

J. A. GROSHANS.

1. Il résulte des considérations que j'ai communiquées dans ces Archives, Tome V, page 1, que les chaleurs spécifiques des corps (à l'état liquide) sont comparables entre elles, aux points d'ébullition, ou à des températures correspondantes, et qu'il est nécessaire de rapporter ces chaleurs aux poids moléculaires, et non aux poids atomiques, qu'on a employés pour cela jusqu'aujourd'hui.

2. On trouve alors, que les chaleurs atomiques des éléments sont égales aux chaleurs atomiques de l'eau H_2O, du carbure de soufre CS_2, et de l'acide formique CH_2O_2.

3. Ces chaleurs atomiques (des éléments) sont aussi les mêmes que celles d'un très-grand nombre de combinaisons simples métalliques, telles que des oxydes, des sulfures, des chlorures, bromures et iodures des formules RCl et R_2Cl_2, RBr et R_2Br_2, RI et R_2I_2, ainsi que d'un grand nombre de sels métalliques, carbonates, nitrates, arséniates, phosphates, etc.

4. Tous ceux qui traiteront des chaleurs spécifiques (des corps solides et liquides) trouveront de grandes ressources dans les deux mémoires étendus de M. H. Kopp (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, 3r *Supplementband*, 1864 et 1865).

5. Dans ces deux mémoires, qui occupent ensemble 179 pages, M. Kopp a exposé l'histoire et l'état général de la science, en ce qui

concerne les chaleurs spécifiques; il y a rassemblé les résultats d'un très grand nombre d'observations de M. Regnault et d'autres physiciens, à quoi il a ajouté le détail d'un nombre considérable d'expériences exécutées par lui-même; il y a énuméré les opinions des principaux savants qui se sont occupés de ce sujet, et enfin il a coordonné tous les résultats connus dans une théorie qui lui est propre, quoique reposant pour une grande partie sur les opinions de MM. Schroeder et Woestyn.

6. En exposant mes vues, qui sont quelquefois opposées à celles de M. Kopp, il me sera nécessaire de revenir de temps en temps sur les opinions de ce savant et de présenter les modifications qu'elles me paraissent devoir subir.

7. Par exemple: M. Kopp considère comme une erreur l'opinion ancienne d'après laquelle les corps solides seraient en général comparables aux corps liquides (lorsque les formules chimiques des uns et des autres sont analogues ou ressemblantes), quant aux rapports entre la chaleur spécifique et le poids atomique.

C'est ainsi qu'on croyait que l'oxyde Cu_2O, dont la chaleur atomique est $= 15,6$, pouvait être comparé avec l'eau liquide H_2O, dont la chaleur atomique est $= 18$.

Selon M. Kopp, il faudrait dans ce cas comparer avec le corps solide Cu_2O, l'eau H_2O à l'état de glace, dont la chaleur atomique est $= 8, 6$.

8. C'est cette opinion de M. Kopp que je crois susceptible de modification.

On pourrait citer un nombre considérable de savants, qui ont cru reconnaître dans les chaleurs atomiques, 15,6 et 18, des deux corps Cu_2O et H_2O, dont les formules se ressemblent, un cas de la loi de Neumann, et il faut avoir de fortes raisons, pour se refuser à cette espèce d'évidence et maintenir l'opinion contraire, celle qui consiste à vouloir plûtot comparer les nombres 15,6 et 8,6. Avant tout, il faut consulter les résultats de l'expérience, quant aux chaleurs atomiques de corps possédant des formules chimiques analogues et dont les uns soient solides et les autres liquides à la température ordinaire.

9. Je prendrai pour premier exemple H_2SO_4, l'acide sulfurique, corps liquide, que je comparerai aux corps solides $KHSO_4$, K_2SO_4 et Na_2SO_4, qui ont tous la même formule que H_2SO_4; voici les résultats de cette comparaison (les expériences sont toutes de M. Kopp lui-même):

formules.	chaleurs spéc.	poids atomiques.	chaleurs atomiques.
corps liquide.			
H_2SO_4	0,343	98	33,6
corps solides.			
$KHSO_4$	0,244	136,1	33,2
K_2SO_4	0,196	174,2	34,1
Na_2SO_4	0,227	142	32,2

On voit que ces quatre corps ont une chaleur atomique égale.

10. Pour second exemple je prendrai le mercure; M. Regnault a trouvé pour ce corps à l'état solide la chaleur atomique = 6,4 et à l'état liquide = 6,6; ces deux valeurs diffèrent assez peu l'une de l'autre, pour qu'il soit permis de dire que la chaleur atomique du mercure peut être comparée, tant dans l'état liquide, que dans l'état solide, à celle de la généralité des autres éléments.

11. A ces deux exemples on peut maintenant ajouter les chaleurs atomiques des corps Cu_2O = 15,6, et H_2O (à l'état liquide) = 18.

12. Il résulte de ces trois exemples, que des corps solides et des corps liquides (quand les formules chimiques sont semblables) peuvent avoir des chaleurs atomiques égales. L'opinion de M. Kopp n'est donc pas vraie d'une manière absolue.

13. On ne doit cependant pas admettre qu'on puisse, en général, comparer les chaleurs atomiques de corps solides à celles de corps liquides (les formules chimiques étant semblables); on sait que l'eau, dans les deux états de liquidité et de solidité, a des chaleurs atomiques différentes; et il en est de même pour le brome et l'iode; cela tient à l'action des forces moléculaires, qu'on n'a pu assujettir jusqu'aujourd'hui au calcul; mais il m'a semblé important de constater que cette action des forces moléculaires n'est pas liée nécessairement aux deux états de liquidité et de solidité; en outre, j'ai voulu montrer que la théorie de

M. Kopp, qui repose pour une grande partie sur la chaleur atomique de l'eau à l'état de glace, chaleur atomique qui paraît (d'après les exemples cités) être plus anomale que celle de l'eau à l'état liquide, a besoin d'être discutée avant d'être acceptée.

14. Aux trois exemples cités on peut en ajouter encore d'autres, qui sont d'une nature moins directe. M. Regnault a trouvé pour les deux corps liquides suivants:

	chal. spéc.	a	chal. at.
$SnCl_4$	0,1476	260	38,37
$TiCl_4$	0,1914	192	36,75 ;

et d'un autre côté on a pour les corps solides suivants (expériences de M. Regnault, citées par M. Kopp):

	chal. spéc.	a	chal. at.
$SnCl_2$	0,1016	189	19,2
$PbCl_2$	0,0664	278	18,5

Si l'on considère maintenant que Sn et Pb sont des métaux tétratomiques, on voit qu'il faut doubler les formules et les poids atomiques, ce qui donne:

	chal. spéc.	a	chal. at.
Sn_2Cl_4	0,1016	378	38,4.
Pb_2Cl_4	0,0664	556	37,0 ;

et l'on constate alors que, pour ce cas encore, l'accord entre les deux corps solides et les deux corps liquides est aussi précis qu'on aurait pu le souhaiter.

15. J'ai appelé ces derniers exemples d'une nature moins directe; non-seulement parce qu'il faut admettre pour les corps Sn_2Cl_4 et Pb_2Cl_4 une densité de vapeur qui, quoique probable, manque cependant du contrôle nécessaire de l'expérience; mais aussi parce qu'il se présente ici un cas nouveau, celui de corps RCl_4 et R_2Cl_4, ayant des chaleurs atomiques égales; on voit bien que ces deux formules ont une certaine ressemblance, chacune renfermant 4 atomes de chlore; mais ce n'est pas une ressemblance dans l'esprit de la loi de Neumann. Suivant mon opinion, que j'ai déjà communiquée dans ce journal, les lois de Dulong et Petit et de Neumann ne seraient

toutes deux que des cas particuliers d'une loi nouvelle, qu'on peut énoncer ainsi:

Les chaleurs atomiques sont égales pour des corps qui ont le même rang.

16. Quand on admet les formules doubles pour $SnCl_2$ et $PbCl_2$, il faut doubler nécessairement les formules pour les bromures et les iodures analogues; et même faire cette opération pour les chlorures, bromures et iodures, RCl_2, des corps suivants: Ba, Ca, Mg, Mn, Sr, dont les chaleurs atomiques sont de même = 18 ou 19.

17. J'ai déjà dit que, d'après ma manière de voir, les chaleurs spécifiques sont comparables aux points d'ébullition ou à des températures correspondantes. Il est vrai que la comparaison à ces températures donnerait lieu, pour beaucoup de corps, à des difficultès insurmontables; mais, en consultant les résultats de l'expérience, on peut admettre que, pour des corps qui bouillent à des températures très-élevées, la comparaison peut se faire aussi à la température ordinaire. On peut faire au moins à cette température beaucoup d'observations intéressantes; seulement il faut songer que, dans beaucoup de cas, on observerait, à des températures élevées, des phénomènes nouveaux, qui demeurent cachés quand on opère à la température ordinaire; — c'est ainsi, par exemple, que la chaleur atomique de l'iode liquide est double de celle de l'iode solide (expériences de MM. Favre et Silbermann).

18. Je vais traiter maintenant de la question des poids moléculaires; on sait que les deux notions de poids moléculaires et de poids atomiques n'ont été généralement séparées que depuis un petit nombre d'années.

19. Je commencerai par rappeler quelques idées déjà anciennes sur les rapports entre les chaleurs spécifiques et les poids atomiques; j'emprunterai pour cela une partie de deux tableaux de l'ouvrage de MM. H. Buff, H. Kopp et F. Zamminer, intitulé: *Lehrbuch der Physik und theoretische Chemie, Brünswick*, 1857.

Tableau I.

	chal. spéc.	a	chal. at.
Al	0,2143	13,7	2,94
S	0,2026	16	3,24

	chal. spéc.	a	chal. at.
Fe	0,1138	28	3,19
Cu	0,0952	31,7	3,02
Cd	0,0567	56	3,18
Sn	0,0562	58	3,26

Tableau II.

P	0,1887	31	5,85
As	0,0814	75	6,10
Ag	0,0570	108,1	6,16
I	0,0541	127,1	6,88
Sb	0,0508	120,3	6,11
Au	0,0324	197	6,38

20. On voit qu'en 1857 on admettait que les chaleurs atomiques des éléments sont égales entre elles, ou dans un rapport simple, comme 1 à 2; on sait d'ailleurs que plusieurs chimistes avaient proposé de changer les nombres adoptés pour les poids atomiques, de manière à obtenir des valeurs égales pour les chaleurs atomiques de tous les corps; ainsi M. Regnault introduisit l'uniformité à cet égard en faisant (le poids atomique du fer étant = 28) le poids atomique de l'argent = 54. On peut dire que les progrès de la science ont donné raison à M. Regnault; seulement ce n'est pas le poids atomique de l'argent qu'on a diminué de moitié, c'est le poids atomique du fer, qui a été doublé; ce qui revient en quelque sorte au même.

21. Voici maintenant qu'en 1864, sept années après la publication de ces deux tableaux, M. Kopp donne un autre tableau (dans les mémoires cités plus haut), dont je ferai ici un extrait pour les corps des deux tableaux du paragraphe 19:

	chal. spéc.	a	chal. at.
Al	0,2143	27,4	5,87
S	0,2026	32	6,48
Fe	0,1138	56	6,38
Cu	0,0952	63,4	6,04
Cd	0,0567	112	6,36

	chal. spéc.	a	chal. at.
Sn	0,0562	118	6,53
P	0,1887	31	5,85
As	0,0814	75	6,10
Ag	0,0570	108	6,16
I	0,0541	127	6,88
Sb	0,0508	122	6,11
Au	0,0324	197	6,38

22. En voyant cette uniformité admirable, que les chimistes avaient souhaitée si longtemps, sans pouvoir l'atteindre, on aurait pu croire que la question était définitivement résolue; ou qu'au moins de grands changements dans les nombres du dernier tableau ne seraient nécessaires qu'après un temps plus ou moins long.

23. Tel n'est cependant pas le cas; l'introduction nécessaire des poids moléculaires, qui remplaceront les poids atomiques, aura pour résultat que tous les nombres du dernier tableau seront doublés, et il pourrait même arriver que les rapports simples entre les chaleurs atomiques (moléculaires) des éléments, dont on se croyait débarrassé, reparaîtront en plus grand nombre.

24. Avant de traiter le cas général des poids moléculaires, je prendrai pour exemple particulier le soufre.

La chaleur atomique du soufre, rapportée au poids atomique 32, est en moyenne 5,9. Celle de plusieurs combinaisons RS est en moyenne 11,9.

25. Si ces deux nombres 5,9 et 11,9 sont en raison de 1 à 2, c'est bien évidemment parce qu'on a employé pour la chaleur atomique du soufre la moitié du nombre qu'il aurait fallu prendre.

26. On peut faire la même observation pour les corps suivants:

formules atomiques	formules moléculaires.	
Br	Br Br	R Br
I	I I	R I

Mais je crois inutile d'insister sur ce point; on peut admettre que ceux qui traiteront à l'avenir des chaleurs spécifiques (même sans avoir pris connaissance de mon travail), reconnaîtront qu'il n'y a pas de différence essentielle entre les chaleurs atomiques (à la

température ordinaire) des éléments SS, BrBr et II, d'une part, et des combinaisons RS, RBr et RI, d'autre part; — il n'y a vraiment aucune raison pour ne pas substituer dans la théorie des chaleurs spécifiques les poids moléculaires aux poids atomiques, comme on l'a fait déjà depuis longtemps dans d'autres parties de la science, par exemple, quant aux volumes de vapeur, où l'on compare ClCl, BrBr et II à HCl, HBr et HI.

27. La nécessité de cette substitution me semble résulter, entre autres, de la considération que par là les éléments sortiront enfin de la classe exceptionnelle, tout à fait distincte de celles des corps composés, dans laquelle ils ont été à tort placés jusqu'aujourd'hui; aussi longtemps qu'on a pu croire que les éléments avaient une chaleur atomique, = 3 ou 6, plus petite que celles des combinaisons les plus simples, il a été permis de voir dans ce fait un indice que les éléments (corps non décomposés) pourraient bien être des corps réellement simples, ou à peu près; mais cette hypothèse perdrait par la substitution des poids moléculaires aux poids atomiques son unique fondement.

En faisant donc cette substitution, les produits des chaleurs spécifiques par les poids moléculaires, pour les corps, S, Se, Br et I, deviendront environ = 13, à la température ordinaire; puis, quand on comparera ces produits, à des températures correspondantes, avec la chaleur atomique de l'eau, on trouvera probablement que les chaleurs atomiques de ces quatre corps approcheront de celle de l'eau = 18. On sait déjà qu'il en est ainsi pour le brome; quant à l'iode, ce corps double sa capacité calorifique en se fondant, ce qui donne environ 27, nombre beaucoup plus grand que 18; je reviendrai plus loin sur cette circonstance.

28. On pourrait croire, au premier abord, que, par l'introduction générale des poids moléculaires, les nombres pour les chaleurs atomiques passeront tous, ou presque tous, d'une valeur comprise entre 6 et 7, à la valeur 13 environ; tel serait en effet le cas si la formule moléculaire d'un élément quelconque R était = RR; mais ce n'est pas là l'opinion des chimistes.

29. On sait qu'il y a des éléments métalliques dont on con-

naît la densité de vapeur; ce sont, premièrement, le mercure, le zinc et le cadmium; — pour ces corps, on admet que les formules moléculaires sont égales aux formules atomiques et, par conséquent, les poids moléculaires égaux aux poids atomiques; en sorte que, par la substitution proposée, la constante 6,4 ne changerait pas pour Hg, Zn et Cd.

30. En outre, on admet les formules moléculaires suivantes:

Arsenic . . . . . As As As As

Phosphore . . . . . P P P P

Pour ces deux corps la constante 6,4 serait quadruplée, ce qui donnerait environ 25.

31. Il semblerait donc que la substitution des poids moléculaires aux poids atomiques aura pour premier effet de détruire l'uniformité agréable du dernier tableau de M. Kopp.

32. Je ne crois pas que cette crainte doive nécessairement se réaliser; mais, dût même l'uniformité en question disparaître, elle ne mériterait certes pas d'être conservée si elle n'était plus d'accord avec les faits, et, en tout cas, elle doit pouvoir supporter la discussion.

33. En traitant maintenant du cas général de la substitution des poids moléculaires aux poids atomiques, je diviserai tous les éléments en cinq classes.

La première contiendra les corps S, Se, Br et I.

La seconde se composera des métaux Hg, Zn et Cd, dont on connaît la densité de vapeur.

La troisième classe renfermera les corps As et P, pour lesquels on admet les formules moléculaires As_4 et P_4.

La quatrième classe comprendra les métaux Ag, Cu, Fe, Na, K, et généralement tous les éléments dont on ne connaît pas la densité de vapeur.

La cinquième classe ce composera des corps C, Si et B, qui forment des exceptions apparentes à la loi de Dulong et Petit.

34. Quant aux corps de la première classe, je n'ai plus rien à ajouter.

35. Les corps de la seconde classe contiennent le mercure, le

zinc et le cadmium; on admet, pour ces corps, que les poids atomiques et les poids moléculaires sont égaux, et on se fonde sur ce que les poids atomiques forment deux volumes, comme pour l'eau H_2O; c'est cette opinion que je désire discuter; toutefois je me bornerai à parler du mercure seul.

36. J'emprunterai au traité connu de M. Kékulé la citation suivante:

„La diatomicité du mercure est prouvée, tant par la densité de vapeur de ses combinaisons volatiles, que par son caractère chimique général. On a $Hg'' = 200 = 1$ atome $= 1$ molécule. La molécule de vapeur du mercure consiste en un seul atome; en cela le mercure présente une exception par rapport à la plûpart des éléments, pour lesquels on connaît la grandeur relative de la molécule gazeuse; il montre une certaine analogie avec ces carbures d'hydrogène, qui jouent le rôle de radicaux diatomiques.

„Les densités connues des combinaisons du mercure sont:

	formule moléculaire.	densité de vapeur. calculée.	observée.
Mercure	Hg''	6,92	7,03
Chloride de m.	$Hg''Cl_2$	9,38	9,8
Bromide de m.	„ Br_2	12,46	12,16
Iodide de m.	„ I_2	15,7	15,9
Éthylure de m.	„ $(C_2H_5)_2$	8,58	9,97
Chlorure de m.	„ Cl	8,15	8,35

„Cependant, quant au chlorure de mercure, il paraît plus probable que la formule moléculaire est Hg''_2Cl_2, et que ce qu'on appelle sa vapeur est un mélange des produits de décomposition: le chloride de mercure et le mercure. Au moins on trouve pour les sels qui correspondent au chlorure du mercure, l'expression la plus simple, en admettant que 2 atomes de mercure s'unissent en un radical composé (Hg_2)."

37. L'hésitation de M. Kékulé est manifeste; premièrement, après avoir dit: on a $Hg'' = 200 = 1$ atome $= 1$ molécule, il convient qu'en cela le mercure présente une *exception* relativement à la plupart des éléments pour lesquels on connaît la grandeur relative de la molécule gazeuze; ensuite, tout en affirmant que les densités de

vapeur prouvent que la molécule du mercure, dans ses combinaisons, est = 1 atome, il dit qu'il est cependant plus probable que le chlorure de mercure $Hg''Cl$ est en effet $= Hg''_2 Cl_2$, et cela nonobstant la densité de vapeur; on peut conclure de là, que la densité de vapeur est à elle seule insuffisante pour déterminer la grandeur de la molécule.

38. Après ce que j'ai dit dans les paragraphes 14 et suivants de la chaleur atomique des corps $R Cl_2$, il me semble nécessaire d'étendre l'exception, admise par M. Kékulé pour $Hg''Cl$, aux corps $Hg''Cl_2$, $Hg''Br_2$ et $Hg''I_2$, et d'écrire ces formules $Hg_2 Cl_4$, $Hg_2 Br_4$ et $Hg_2 I_4$.

39. J'irai même plus loin, et je dirai que la densité de vapeur du mercure lui-même ne peut donner la mesure de sa molécule, et qu'elle n'exclut pas la formule moléculaire Hg Hg et le poids moléculaire = 400.

40. En effet, quoique la très-grande majorité des corps connus, dont on a pu déterminer la densité de vapeur, donnent 2 volumes, comme l'eau H_2O, il n'en existe pas moins un nombre relativement grand d'exceptions à cette règle, c'est-à-dire de vapeurs qui donnent 4 volumes; et ce nombre tend à augmenter successivement.

41. M. Kékulé attribue la densité de vapeur apparente du chlorure de mercure Hg Cl à une décomposition; — pour le mercure on ne peut pas admettre, il est vrai, une décomposition; du reste il n'est pas prouvé que le phénomène des 4 volumes, quand on s'attendait à 2, puisse dans tous les cas être attribué à une décomposition.

42. En comparant entre elles les formules:

$$O\ (C_2H_5)_2$$
$$S\ (C_2H_5)_2$$
$$Hg\ (C_2H_5)_2$$
$$Zn\ (C_2H_5)_2$$

il me semble probable que les molécules des corps O, S, Hg et Zn ont tous la même grandeur, et qu'il faut les écrire:

OO, SS, Hg Hg et Zn Zn.

43. C'est ici le lieu d'examiner ce qu'on entend par poids moléculaire.

M. Kékulé donne les définitions suivantes:

„La considération des métamorphoses chimiques nous conduit à admettre deux *plus petites* quantités différentes, qu'il faut séparer nettement par la pensée et que nous appelons atome et molécule."

„Par *atome* nous désignons la quantité la plus petite de matière, qui est chimiquement indivisible, et que nous admettons en *combinaison* avec d'autres parties de matière.

Nous appelons *molécule* la quantité la plus petite de substance, qui peut exister *à l'état libre*, et qui comme telle entre en action dans les métamorphoses chimiques."

44. Il est à remarquer qu'on n'a pas réussi, au moyen de cette définition, à fixer la grandeur de la molécule des éléments dont on n'a pu déterminer la densité de vapeur.

45. Peut-être pourrait-on admettre la définition suivante:

Les poids moléculaires des éléments sont ceux qui, étant multipliés par les chaleurs spécifiques des corps à l'état solide, donnent une constante qui est environ $= 13$.

46. Cette définition serait applicable à tous les éléments connus, en exceptant le carbone, le silicium et le bore.

47. Quant à ces trois derniers corps, il ne me semble pas utile de faire à leur égard une hypothèse particulière; l'exception qu'ils présentent relativement à la loi de Dulong et Petit n'est certainement qu'apparente; nous nous trouvons, quant à cette exception, dans un embarras analogue à celui dans lequel on était, il y a quelques années, par rapport à la densité anomale de la vapeur du soufre, laquelle, suivant un auteur spirituel, faisait depuis longtemps le désespoir des chimistes.

48. On peut admettre que dans un avenir plus ou moins éloigné, lorsque la science aura fait de nouveaux progrès, cette exception apparente à la loi de Dulong et Petit disparaîtra; — et, quoiqu'il ne soit pas possible d'indiquer, même d'une manière générale, comment et de quelle manière ces corps rentreront dans le cas général, on peut au moins comparer leur cas particulier à la difficulté que nous aurions à expliquer la chaleur atomique de l'eau, H_2O, en supposant que ce corps ne nous fût connu qu'à l'état solide, celui de glace;

car, bien que la chaleur atomique de l'eau liquide nous paraisse très-régulière, quand nous la comparons à celles du brome Br_2 et du carbure de soufre CS_2, la chaleur atomique de la glace, $H_2O = 8,6$, ne semble pas avoir le moindre rapport, ni avec celle des éléments, ni avec celle d'aucune combinaison.

49. Dans la suite de ce mémoire je me servirai de l'expression, chaleur spécifique moléculaire ou chaleur moléculaire, au lieu de chaleur atomique.

50 Je vais maintenant appliquer à des cas particuliers les principes établis dans les paragraphes précédents.

Je commencerai par former un tableau de corps (éléments et combinaisons) dont les chaleurs moléculaires sont environ = 12 à 14; je rapporterai un petit nombre des observations rassemblées par M. Kopp pour chaque espèce de corps.

Je désignerai dans ce tableau les noms des observateurs par des lettres: R. Regnault; Kp. Kopp; N. Neumann.

formules moléculaires.	chaleur spéc.	a	chaleur moléculaire.
Al Al	0,2143 R	54,8	11,74
S S	0,163 Kp	64	10,44
Fe Fe	0,1138 R	112	12,74
Cu Cu	0,0952 R	126,8	12,08
Cd Cd	0,0542 Kp	224	12,14
Sn Sn	0,0562 R	236	13,26
P P	0,0202 Kp	62	12,52
As As	0,0814 R	150	12,22
Ag Ag	0,0570 R	216	12,32
I I	0,0541 R	256	13,74
Sb Sb	0,0508 R	244	12,40
Au Au	0,0324 R	394	12,76
	Sulfures et Arséniures.		
As S	0,1111 N	107	11,9
Co S	0,1251 R	90,8	11,4
Fe S	0,1357 R	88	11,9
Hg S	0,0512 R	232	11,9
Sn S	0,0837 R	150	12,6

Oxydes.

Cu_2O	0,111 Kp	142,8	15,9
CuO	0,1420 R	79,4	11,3
HgO	0,0518 R	216	11,2
PbO	0,0512 R	223	11,4
MnO_2	0,159 Kp	87	13,8
SiO_2	0,1913 R	60	11,5
SnO_2	0,0933 R	150	14,0
TiO_2	0,1703 R	82	14,0

J'observerai que plusieurs de ces corps ont probablement une formule double; p. e. SnS et PbO; les chaleurs moléculaires se rapprochent alors de celles des sels RCO_3, dont je parlerai plus loin.

Chlorures, Bromures et Iodures.

$AgCl$	0,0911 R	143,5	13,1
$CuCl$	0,1383 R	98,9	13,7
KCl	0,1730 R	74,6	12,9
$LiCl$	0,2821 R	42,5	12,0
$NaCl$	0,2140 R	58,5	12,5
$AgBr$	0,0739 R	188	13,9
KBr	0,1132 R	119,1	13,5
AgI	0,0616 R	235	14,5
CuI	0,0687 R	190,1	13,1
KI	0,0819 R	166,1	13,6

51. S'il était possible maintenant de comparer les chaleurs moléculaires de tous ces corps (éléments et combinaisons) aux points d'ébullition, on peut admettre que, pour tous, les nombres exprimant les chaleurs moléculaires deviendraient plus grands; quelques nombres s'élèveraient jusqu'à 15, 16 et 17; d'autres s'approcheraient beaucoup du nombre 18,3, chaleur moléculaire de l'eau, H_2O; d'autres encore dépasseraient 18,3 de plusieurs unités et pourraient bien aller jusqu'à 28 et même un peu au-delà.

52. L'objection se présente assez naturellement, que des nombres aussi différents entre eux ne peuvent être assimilés à un seul nombre 18,3, chaleur moléculaire de l'eau au point d'ébullition.

53. C'est ici le lieu de faire une petite digression au sujet de *l'action des forces moléculaires.*

54. La proposition, que les chaleurs moléculaires des corps des derniers tableaux sont égales entre elles à des températures correspondantes, est un exemple de ces expressions abrégées, comme on a l'habitude d'en employer dans les sciences; — il faut sous-entendre, que ces chaleurs moléculaires seraient égales s'il n'y avait pas l'action des forces moléculaires; ou si l'on était en état de calculer les corrections nécessaires résultant de cette action; ou encore si cette action avait lieu pour tous les corps dans le même sens.

55. Tant qu'on n'attribuera pas une large influence à cette action des forces moléculaires, on ne pourra découvrir ou reconnaître dans la chimie beaucoup de lois importantes, dont les effets sont souvent masqués par cette action.

56. Il me semble utile de rappeler quelques exemples connus, qui peuvent être rapportés à l'action des forces moléculaires.

La chaleur moléculaire change ordinairement par le passage d'un corps de l'état solide à l'état liquide, par la fusion. Jusqu'à présent on a observé un accroissement dans tous les cas; mais cet accroissement diffère d'un corps à l'autre: il est considérable pour l'eau, l'iode et le brome, et très-petit pour le mercure. A l'état solide les chaleurs moléculaires du brome, $BrBr$, et de l'iode, JJ, sont environ $= 13$ à 14; — à l'état liquide elles deviennent 18 et 27; cependant ces deux derniers nombres doivent être considérés comme égaux, comme ne présentant de différence que par suite de l'action des forces moléculaires.

57. Dans un autre ordre d'idées, on a observé que des corps qui se suivent dans une série homologue, ont ordinairement des points de fusion qui s'élèvent à peu près régulièrement d'un certain nombre de degrés, environ 20, pour chaque groupe CH_2. Il y a toutefois de nombreuses exceptions, qui indiquent de grandes différences dans les états moléculaires; ainsi l'éther méthyl-oxalique, $C_4H_6O_4$, fond à 51°, tandis que son homologue, l'éther éthyl-oxalique, $C_6H_{10}O_4$, reste liquide au-dessous de 0°.

58. On peut encore attribuer à cette action la densité de vapeur anormale de quelques corps, par exemple, celle du soufre entre 400° et 500°

59. Ce qu'on appelle en chimie l'action des forces moléculaires se rencontre, comme l'on sait, dans tous les sujets de recherche; ce sont des causes particulières, nombreuses, la plupart inconnues ou peu connues, agissant en même temps que les lois qui, par leur simplicité et leur généralité, ont pu être constatées ou admises; leur action finale est quelquefois minime, et quelquefois assez considérable pour effacer ou masquer les effets des lois connues.

60. Ce sont ces causes qui modifient les formes des individus d'une espèce, formes qui, sans elles, seraient identiquement égales. Quand nous voyons un animal de l'espèce de nos chiens domestiques, nous le reconnaissons sans peine pour ce qu'il est, quoique les individus, qui constituent cette espèce, soient très-différents de grandeur et de formes. De même, on reconnaît dans l'étude des langues, les formes: digitus, doigt, dedo, dito pour des transformations différentes du même mot.

61. En admettant donc que tous les corps des derniers tableaux ont essentiellement la même chaleur moléculaire, et que les nombres qui expriment cette chaleur sont compris entre 18 et 28, tandis que pour quelques corps ils peuvent descendre un peu au-dessous de 18, et pour d'autres s'élever un peu au-dessus de 28, on pourra augmenter cette classe de corps d'un grand nombre de sulfures, d'oxydes et spécialement de sels: RCO_3 $RSiO_3$, RBO_2, $RAsO_3$, RPO_3, $RClO_3$, RNO_3 etc.

62. Seulement il est utile d'observer que, plus il y aura de ressemblance entre les formules chimiques de deux corps, plus petite aussi sera la différence entre les deux chaleurs moléculaires, qui pourront se rapprocher presque jusqu'à l'égalité; c'est cette circonstance qui a été la cause de la découverte des lois de Dulong et Petit et de Neumann.

63. Ainsi un très-grand nombre de corps ont la même chaleur moléculaire que l'eau. Il y en a ensuite d'autres qui ont la chaleur moléculaire convenant aux corps du deuxième rang; ce

sont entre autres (voyez paragraphe 14 et suivants), les substances représentées par les formules:

$$RCl_4 \text{ et } R_2Cl_4$$
$$RBr_4 \text{ et } R_2Br_4$$
$$RI_4 \text{ et } R_2I_4$$

64. Il pourra être souvent difficile de savoir à laquelle des deux espèces de corps appartient un composé donné; il faudra pour cela des études nouvelles. Si les chaleurs moléculaires des corps du premier rang et du deuxième rang pouvaient être exprimées par des nombres déterminés (en supposant nulle l'action des forces moléculaires), ces nombres $c \,.\, a$ et $c' \,.\, a'$ seraient liés entre eux par la formule

$$\frac{c \,.\, a}{\sqrt{1}} = \frac{c' \,.\, a'}{\sqrt{2}} = \text{Const.},$$

constante qui, calculée pour l'eau, est $= 18,3$; mais, par suite de l'action des forces moléculaires, la formule n'est applicable qu'aux moyennes fournies par un grand nombre de corps des deux espèces.

65. Il doit donc être encore plus difficile de reconnaître les chaleurs moléculaires des corps des rangs supérieurs.

66. Cependant, en admettant pour les corps de la formule RSO_4 le premier rang; et ensuite (selon l'observation) que les rangs augmentent d'une unité pour chaque groupe CH_2, H_2, ou H_2O, j'ai fait le calcul suivant:

	Chaleur at.		Constante.
RSO_4	26,1	moyenne	$\frac{26,1}{\sqrt{1}} = 26,1$
$CuSO_4 + H_2O$	35,8	Pape	$\frac{35,8}{\sqrt{2}} = 25,3$
$CuSO_4 + 2H_2O$	44,6	Kopp	$\frac{44,6}{\sqrt{3}} = 25,8$
$FeSO_4 + 3H_2O$	50,9	Pape	$\frac{50,9}{\sqrt{4}} = 25,4$

67. Je terminerai ce mémoire par une courte appréciation de la méthode d'explication des chaleurs moléculaires (atomiques) de M. Kopp. Il sera nécessaire pour cela de mentionner quelques opinions de M. Kopp, qui ont eu une grande influence sur sa manière d'expliquer les rapports entre les propriétés physiques des corps et leur composition atomique; ces propriétés sont les points d'ébullition, les volumes liquides et les chaleurs moléculaires (atomiques); j'ai déjà observé qu'on est généralement d'accord que la même méthode doit être suivie pour toutes ces propriétés.

68. Mais, comme l'on sait, il existe dans les sciences de la physique et de la chimie deux manières de se représenter les faits, lesquelles conduisent quelquefois à des résultats entièrement différents. Ces manières de penser existent, sous des formes modifiées, dans les recherches scientifiques en général, mais je me bornerai ici à l'application qui s'en fait en physique et en chimie.

69. L'opinion de M. Kopp (et de tous ceux qui pensent de même) est que, quand un élément fait partie d'une combinaison, il conserve ses propriétés individuelles; par suite, M. Kopp, dans un liquide $CpHqOr$, distingue parfaitement (en quelque sorte par un effort d'imagination) les atomes de carbone ($C = 6$) des atomes d'hydrogène, quoique (suivant lui) ils aient les uns et les autres le même volume $= 5,5$; il distingue aussi les atomes d'oxygène ($O = 8$), et s'aperçoit aisément que, souvent dans le même liquide, il s'en trouve de deux espèces, ceux qui ont un volume $= 6,1$ et ceux dont le volume est $= 3,9$. On retrouve les mêmes idées dans sa théorie des chaleurs atomiques; les chaleurs de C, de H et de O ($C = 12$, $H = 1$, $O = 16$) sont suivant lui respectivement 1,8, 2,3 et 4. Toutes ces valeurs (pour les volumes et les chaleurs atomiques) ont été déterminées par ce que M. Kopp appelle la méthode indirecte; j'ai déjà observé que toute vérification par l'expérience serait impossible.

70. Par suite des mêmes idées, M. Kopp affirme que l'eau de cristallisation est contenue dans les sels à l'état de glace, et par conséquent avec la chaleur atomique 8,6 pour chaque atome d'eau.

71. Que cette manière de penser n'est pas exclusivement propre

à M. Kopp, mais qu'elle est partagée par un grand nombre de savants, c'est ce qui peut être inféré de plusieurs écrits publiés sur les propriétés physiques des corps; je me rappelle un mémoire sur les volumes liquides, dans lequel l'auteur affirmait que les atomes de carbone de l'alcool, s'y trouvent à l'état de diamant et non pas à l'état de graphite.

72. A cette manière de penser est opposée directement l'opinion qui admet qu'un élément (ou groupe atomique), dès qu'il fait partie d'une combinaison, perd ses propriétés individuelles, et que les combinaisons sont soumises à des lois générales. C'est ainsi que les corps $C_p H_q O_r$ ont deux volumes de vapeur, quel que soit le nombre des atomes; et que les densités des vapeurs (à $0^m,76$ et aux points d'ébullition) sont proportionnelles aux nombres d'atomes; ce qui est aussi le cas pour les pesanteurs spécifiques de ces corps, à l'état liquide et aux points d'ébullition.

73. En général, la théorie contraire à celle de M. Kopp conduit à s'occuper, en premier lieu, de la recherche des lois générales et des propriétés des combinaisons.

74. Il y a encore une opinion de M. Kopp, qui a influé sur sa méthode et qui ne me paraît pas non plus parfaitement fondée; c'est celle-ci: „quand on a observé en beaucoup de cas une certaine régularité dans les propriétés physiques des corps, et qu'on a constaté en même temps un cas dans lequel cette régularité n'a pas lieu, sans qu'on puisse voir la cause probable de cette exception, il faut conclure que la régularité observée ne constitue pas une loi de la nature."

75. Par suite de cette opinion, la loi de Dulong et Petit ne semble pas généralement vraie à M. Kopp, parce que le carbone, le silicium et le bore constituent des exceptions à cette loi.

76. Pour moi, il me semble que si une personne entendait énoncer cette loi pour la première fois, et qu'on produisît comme confirmation expérimentale les résultats suivants:

Corps	chaleur spéc.	poids atom.	chal. at.
P	0,202 Kp	31	6,3
K	0,1655 R	39,1	6,5
Fe	0,1138 R	28	6,4
Co	0,1067 R	58,8	6,3
Ni	0,1092 R	58,8	6,4
Pd	0,0593 R	106,6	6,3
Sn	0,0562 R	118	6,6
Sb	0,0508 R	122	6,2
Au	0,0324 R	197	6,4
Hg	0,0319 R	200	6,4
Pb	0,0314 R	207	6,5
Bi	0,0308 R	210	6,5

il devrait se produire chez cette personne une conviction si grande de l'exactitude générale de la loi, que cette conviction ne pourrait plus être ébranlée par l'exception que semble offrir le carbone; cette personne conclurait, je crois, que l'exception n'est probablement qu'apparente et que, la loi demeurant intacte, il faut attendre la solution de l'énigme des progrès futurs de la science.

77. Cette conviction naîtrait, suivant moi, de plusieurs considérations; premièrement, du caractère mathématique de la loi proposée, caractère commun à un grand nombre de lois de la nature, dont la forme générale peut être énoncée de la manière suivante: telle propriété des corps est proportionnelle ou inversement proportionelle à telle autre propriété, ou au carré de cette propriété, ou à la racine carrée. Ensuite, en observant les valeurs différentes inscrites dans les colonnes 2 et 3 du tableau précédent et les concordances de la quatrième colonne, on trouverait facilement des considérations, tirées de la théorie des probabilités, qui seraient suffisantes pour produire la foi presque absolue à l'idée que la régularité observée est bien réellement une loi de la nature.

78. Une loi qui possède ce caractère mathématique n'exige ordinairement qu'un petit nombre d'exemples, pourvu que ces exemples aient la précision nécessaire; selon moi, la moitié des

exemples du dernier tableau, et même un nombre plus petit, eût été suffisant; p. e.:

Corps	chaleur spéc.	poids at.	chal. at.
P	0,202	31	6,3
Co	0,1067	58,8	6,3
Pd	0,0593	106,6	6,3
Hg	0,0319	200	6,4

car on ne pourrait guère attribuer au hasard des concordances aussi frappantes. L'application de la théorie des probabilités à des recherches de cette nature me semble tout à fait nécessaire.

---

79. M. Kopp trouve, tant dans sa théorie des volumes liquides, que dans sa théorie des chaleurs moléculaires, que sa méthode donne l'explication d'un nombre considérable de faits, et cela avec ce qu'il appelle des moyens très-simples; — je ne saurais partager cette opinion; on ne peut contester certainement l'accord entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience; mais il est plus difficile de reconnaître la simplicité des moyens.

80. Toutes les explications de M. Kopp reposent sur un très-grand nombre de constantes, qui paraissent un peu arbitraires; ces constantes ne semblent pas avoir une existence plus réelle que les constantes a, b et c de la formule servant à représenter la dilatation d'un liquide,

$$v = 1 + a\ t + b\ t^2 + c\ t^3,$$

avec lesquelles elles ont d'ailleurs la plus grande analogie.

81. La véritable et unique utilité de ces constantes et des hypothèses qui les combinent entre elles, utilité d'ailleurs très-grande, me paraît consister en ceci: qu'elles ont inspiré à M. Kopp le courage pour entreprendre et la patience pour exécuter tant de belles et laborieuses expériences, par lesquelles il a grandement enrichi la science et s'est acquis des droits à la reconnaissance de tous ceux qui s'intéressent aux sujets qu'il a traités.

ROTTERDAM, Avril 1870.

SUR LA PLACE DU CHIROMYS DANS LA MÉTHODE NATURELLE,

PAR

C. K. HOFFMANN et H. WEIJENBERGH Jr.

Parmi les questions mises au concours, en 1867, par la Société Hollandaise des Sciences, il en était une qui demandait de décrire et de figurer exactement les os et les muscles du *Sciurus vulgaris*, de les comparer à ceux des *Lémuridés* et du *Chiromys*, pour autant que ces derniers sont connus, et de déduire de cette comparaison la place qui revient au *Chiromys* dans la classification naturelle. Un travail adressé par nous en réponse à cette question, a été couronné par la Société dans sa réunion du 15 mai 1869, et vient d'être publié dans le Tome I troisième série de ses Mémoires. Nous nous proposons de faire connaître ici les résultats essentiels de ce travail, en renvoyant au Mémoire lui-même [1]) pour tout ce que nous avons dû emprunter aux recherches d'autres observateurs (Chap. II, Sur les Lémuridés, et Chap. III, Sur le *Chiromys*), et même pour les détails de nos propres études sur l'ostéologie et la myologie de l'Ecureuil (Chap. I), vu qu'il eût été presque impossible d'en donner un résumé à la fois court et intelligible.

A l'extérieur le *Chiromys* ressemble le plus aux animaux du

---

[1]) Dr. C. K. Hoffmann und H. Weijenbergh Jr., *Die Osteologie und Myologie von Sciurus vulgaris* L., *verglichen mit der Anatomie der Lemuriden und des Chiromys, und über die Stellung des letzteren im natürlichen Systeme*, Harlem, Héritiers Loosjes, 1870, in—4°.

genre *Galago*, notamment aux *G. crassicaudatus* et *Alleni*, surtout en ce qui concerne le pelage, la queue, la largeur de la tête et les oreilles larges et nues, tandis que, par la brièveté du museau, il se rapproche davantage du genre *Tarsius*. Le premier orteil a un ongle plat, comme chez tous les Lémuridés, et le tarse est court, comme dans les genres *Lichanotus* et *Lemur*. Le museau est plus court que chez aucun Rongeur; chez ceux-ci, les yeux sont aussi situés plus en arrière et de côté, l'os intermaxillaire est plus grand et la tête plus plate. La lèvre supérieure du *Chiromys* n'est par fendue comme chez les Ecureuils, et ne couvre pas les dents aussi complétement que chez la plupart des Rongeurs. Bien que l'ouverture de la bouche soit moins large que chez les Makis, elle est pourtant plus grande que chez aucun Rongeur de la même taille.

Le *Chiromys* a, de même que le Tarsier, quelques longs poils aux lèvres et aux sourcils. La poitrine est plus large que chez la plupart des Rongeurs, et le pelage de l'Aye-Aye ne ressemble pas non plus à celui des animaux de cet ordre; les poils de sa queue n'affectent pas autant la disposition en plume que chez les Ecureuils; ils sont répartis un peu plus uniformément tout autour de la queue, comme chez les Galagos.

L'Aye-Aye montre, plus clairement que tout autre mammifère, qu'on ne peut attribuer, dans la classification, qu'une valeur relative à la conformation des dents et des membres; car, suivant qu'on accorde à celles-là ou à ceux-ci une importance taxinomique exclusive ou prépondérante, on est conduit nécessairement à le comprendre parmi les Rongeurs ou parmi les Quadrumanes. En ce qui regarde le rapport de la longueur des membres antérieurs à celle des membres postérieurs, ainsi que la conformation des doigts et leur différence de longueur, le *Chiromys* se rapproche tout à fait des Galagos.

Déjà à un degré plus élevé de la série des Quadrumanes, savoir dans le genre Atèle, nous voyons le quatrième doigt acquérir la plus grande longueur; cette particularité se prononce ensuite de plus en plus à mesure qu'on descend plus bas dans l'ordre des Qua-

drumanes, elle devient un caractère général pour les Lémuridés (à l'exception du Tarsier), et atteint son maximum chez le *Chiromys*. Parallèlement à l'allongement du quatrième doigt, on observe un raccourcissement progressif du doigt indicateur, quand on descend dans l'ordre des Quadrumanes; ce raccourcissement, déjà sensible chez les Atèles, est plus prononcé chez la plupart des Lémuridés que chez le *Chiromys* (dans le genre *Perodicticus* l'index est tout à fait rudimentaire).

Tandis que, chez beaucoup de Rongeurs et surtout chez les Sciuridés, le pouce est très peu développé, l'Aye-Aye se rapproche entièrement des Lémuridés sous ce rapport, et présente un pouce court, gros, opposable et très mobile. La forme du doigt du milieu peut être regardée comme un caractère propre au *Chiromys*.

Le *Chiromys* a les mamelles placées, il est vrai, aux deux côtés de l'ombilic; mais aussi il n'en a qu'une seule paire (sans aucune trace de mamelles pectorales), tandis que les Rongeurs montrent trois paires de mamelles, ou davantage, sous le ventre [1]).

Au premier abord, le système dentaire de l'Aye-Aye ressemble incontestablement à celui d'un animal de l'ordre des Rongeurs; mais il ne faut pas oublier que d'autres Lémuridés se rapprochent également des Rongeurs sous ce rapport; c'est ainsi, par exemple, que le genre *Lichanotus* n'a qu'une seule paire d'incisives à la mâchoire inférieure, et que, des deux paires de la mâchoire supérieure, la médiane est la plus grande, caractères qui se retrouvent chez le *Tarsius* et surtout chez le *Propithecus*. La division bien distincte de l'incisive supérieure de l'Aye-Aye en une partie antérieure, plus épaisse, garnie d'émail, et une partie postérieure qui se rétrécit brusquement, pourrait faire naître l'idée que cette dent est l'homologue de deux incisives soudées entre elles; mais les larges incisives antérieures du *Propithecus*, qui occupent presque tout l'os intermaxillaire, nous donnent seules l'explication véritable de la nature des incisives du *Chiromys*, et

[1]) *Tarsius* et *Stenops* ont des mamelles non seulement au ventre, mais aussi au creux de l'aisselle.

montrent que celles-ci nous autorisent tout aussi peu à ranger l'animal parmi les Rongeurs, que les dents du Wombat ne suffisent à le faire entrer dans le même ordre.

Bien que, par leur grandeur, leur courbure, la profondeur de leur implantation et leur structure, les incisives ressemblent beaucoup à celles des Rongeurs, elles sont pourtant, proportionellement à leur longueur, notablement plus étroites que chez aucune espèce de cet ordre; en somme, la ressemblance avec les incisives supérieures du *Propithecus* et avec les canines des *Lemur* est encore plus grande qu'avec celles des Rongeurs. Le Wombat montre, sous ce rapport, plus d'analogie avec les Rongeurs que l'Aye-Aye. Néanmoins, chez le Wombat comme chez l'Aye-Aye, les incisives des deux mâchoires se projettent plus en avant et ont une position plus oblique que chez les vrais Rongeurs. Les molaires sont aussi placées plus verticalement l'une au-dessus de l'autre, et leur calotte d'émail simple les éloigne évidemment du type propre aux Rongeurs, pour les rapprocher de celui qui caractérise les Quadrumanes.

Le nombre peu considérable des dents et leur petitesse chez l'Aye-Aye font exception parmi les Lemuridés, et indiquent que l'animal se nourrit de matières faciles à triturer.

L'Aye-Aye nous fournit un nouvel exemple de l'importance que présente l'étude du système dentaire dans son développement successif, durant la vie fœtale et pendant les premiers temps après la naissance.

Les recherches de M. Peters ont appris, en effet, que la disposition des dents de lait est, chez le *Chiromys*, tout autre que celle des dents de remplacement, et qu'elle indique d'un côté un rapprochement vers les Soricidés, de l'autre vers les Prosimiens.

Sous le rapport du nombre des vraies vertèbres, on peut dire que le *Chiromys* s'accorde aussi bien avec les Makis et les Tarsiers qu'avec les Ecureuils. Dans la structure des vertèbres, l'Aye-Aye montre une affinité spéciale avec les agiles Ecureuils, qui se meuvent sur le sol par bonds, en imprimant à leur épine dorsale des courbures notables.

Les diapophyses des vertèbres sont bien développées chez les

Sciuridés, surtout à la neuvième vertèbre dorsale chez les *Sciurus* et à la dixième chez les *Anomalurus*; chez le *Chiromys* au contraire, de même que chez les autres Quadrumanes, les diapophyses ont un développement moindre aux deux dernières vertèbres dorsales. Les apophyses transverses sont, chez les Sciuridés, plus longues et plus dirigées en avant que chez le *Chiromys* et les Lémuridés.

La partie des apophyses transverses des vertèbres cervicales, qu'on appelle pleurapophyse, est plus développée chez les *Sciurus*, de la troisième à la sixième vertèbre, que chez le *Chiromys*. Les hémapophyses sont bornées chez le *Chiromys*, comme chez les Lémuridés à longue queue, aux espaces entre les troisième et quatrième et entre les quatrième et cinquième vertèbres lombaires; chez les Ecureuils et autres Rongeurs à longue queue, on trouve des traces des arcs hémaux sur une beaucoup plus grande longueur de la région caudale.

Quand on compare la tête de l'Aye-Aye à celles de l'Ecureuil ou de quelque autre Rongeur de même taille, on remarque de suite que la cavité crânienne a chez l'Aye-Aye, aussi bien relativement qu'absolument, une plus grande capacité, surtout dans la partie qui est formée par les os frontaux et pariétaux, partie que est abaissée et plate chez les Sciuridés, voûtée et pour ainsi dire en forme de dôme chez le *Chiromys*.

Le grand trou occipital est, proportionnellement à la cavité crânienne, plus large chez les Rongeurs que chez l'Aye-Aye; chez les premiers il est placé verticalement, de manière à regarder directement en arrière, et l'os occipital supérieur ne forme pas postérieurement de saillie au-dessus de lui, comme cela a lieu chez le *Chiromys*, où le plan de cette ouverture est aussi tourné encore plus en dessous que chez d'autres Lémuridés.

Ni chez *Chiromys*, ni chez *Sciurus*, on ne voit de tente osseuse, dont Meckel a observé un faible rudiment chez le *Stenops gracilis*, tandis que van Campen n'en a pas trouvé trace chez le Potto.

Le trou rond, que W. Vrolik décrit comme fissure orbitaire supérieure chez les *Stenops tardigradus* et *javanicus*, et que la seconde édition des *Leçons d'anatomie comparée* de Cuvier indique

aussi comme se réunissant à la fissure orbitaire supérieure chez le *Lichanotus Avahi*, se montre isolé chez l'Aye-Aye.

Chez les Rongeurs les ailes du sphénoïde n'atteignent pas les os pariétaux, mais chez l'Aye-Aye elles s'élèvent jusqu'à la hauteur de l'os écailleux. Chez l'Aye-Aye l'anneau osseux de la cavité orbitaire est entièrement fermé, ce qui n'est jamais le cas chez les Rongeurs; même quand il existe chez eux une apophyse post-orbitaire, celle-ci est toujours libre à son extrémité. Sous ce rapport, le *Chiromys* montre donc encore une analogie évidente avec les Quadrumanes, tandis que l'absence de cloison entre la fosse orbitaire et la fosse temporale indique à quelle division il appartient.

Il se manifeste également une grande différence dans la direction des orbites, celles-ci regardant tout à fait en dehors chez les Rongeurs, et étant dirigées plus en avant et en haut chez le *Chiromys*. La portion zygomatique du temporal commence chez l'Aye-Aye à la suture lambdoïde et se dirige en avant, tandis que chez les Rongeurs elle commence bien au devant de cette suture et se recourbe en avant et en dessous. L'os jugal, par sa largeur et son union avec le frontal et la portion écailleuse du temporal, plaide en faveur de l'affinité de l'Aye-Aye avec les Lémuridés et contre son rapprochement avec les Rongeurs; de même que chez les Lémuridés, cet os ne se joint pas aux grandes ailes du sphénoïde, ainsi qu'il arrive chez les Quadrumanes supérieurs.

Chez les Rongeurs, la lame postérieure de l'os écailleux est longue et étroite, et fixe l'os tympanique et l'os mastoïde aux côtés du crâne; l'Aye-Aye ne montre pas trace d'une pareille disposition.

La lame faciale de la mâchoire supérieure est creusée chez les Ecureuils d'un canal vertical profond, et aucun Rongeur ne montre la fosse lacrymale et le trou lacrymal sur la lame faciale en dehors du cercle de l'orbite, ainsi qu'on le voit chez l'Aye-Aye; c'est là un signe important de l'affinité étroite qui lie le *Chiromys* aux Lémuridés, chez lesquels l'ouverture du canal lacrymal est toujours située en dehors de la fosse orbitaire.

L'intercalation de l'os inter-maxillaire entre les os nasaux et la mâchoire supérieure constitue une des plus grandes différences, sinon la plus grande, entre l'Aye-Aye et les Lémuridés; cette déviation est sans doute en rapport avec le grand développement des dents incisives.

La cloison du nez se prolonge jusqu'à l'ouverture inférieure chez le *Chiromys* et les Lémuridés, tandis que chez les Sciuridés elle n'atteint pas cette ouverture, à beaucoup près. Les ptérygoïdiens ne montrent pas trace, chez l'Aye-Aye, de canal pour l'artère carotide externe, canal qui existe si généralement chez les Ecureuils et autres Rongeurs.

Il n'est pas sans intérêt non plus de voir que les sinus frontaux, qui existent dans les Quadrumanes supérieurs mais manquent toujours aux inférieurs, reparaissent chez le *Chiromys*.

Les rangées d'alvéoles de la mâchoire supérieure convergent plus ou moins en avant dans tous les Rongeurs, caractère qui ne s'observe pas chez l'Aye-Aye. Chez celui-ci, l'espace dépourvu de dents est plus ou moins tranchant et situé en grande partie à la mâchoire supérieure; chez les Sciuridés il est large et correspond surtout à l'intermaxillaire.

L'os écailleux est long et à bord supérieur droit dans les Rongeurs; l'origine de l'apophyse zygomatique y est longue et la surface articulaire pour la mâchoire inférieure est longitudinale et profonde; tous caractères qui font défaut chez le *Chiromys*, dont l'os écailleux ressemble au contraire à celui des Lémuridés.

La partie intermaxillaire du palais osseux est plus longue chez les Rongeurs que chez l'Aye-Aye; sous le rapport de la largeur, il y a plus d'égalité dans les deux cas.

L'apophyse condyloïdienne de la mâchoire inférieure du *Chiromys* se rapproche, par la forme et la situation longitudinale, de celle des Rongeurs. Chez tous les animaux de cet ordre le condyle est situé plus haut que les molaires, l'angle de la mâchoire s'étend plus ou moins sous le condyle en arrière, et l'apophyse coronoïde est longue, étroite et fortement infléchie en arrière; la mâchoire inférieure du *Chiromys* ne possède aucun de

ces caractères, tandis que la position avancée du condyle est une particularité qui nous rappelle les Quadrumanes.

L'omoplate de l'Aye-Aye diffère de celle des Rongeurs et ressemble à celle des Makis par le rapport entre la fosse sus-épineuse et la fosse sous-épineuse; sa face antérieure ne montre pas les lignes musculaires, qui sont ordinairement si bien accusées chez les Rongeurs; son bord inférieur n'est pas non plus recourbé aussi fortement que chez les Ecureuils.

L'existence d'une ouverture au-dessus du condyle interne de l'humérus est la règle chez les Lémuridés, l'exception chez les Rongeurs, et la perforation entre les deux condyles, qui est assez générale chez les Rongeurs (bien qu'elle manque chez les Ecureuils), ne se trouve pas dans les Lémuridés.

Sous le rapport de la longueur de l'humérus, comparée à celle du thorax, il y accord entre le *Chiromys* et les genres *Lemur* et *Nycticebus*, tandis que chez les *Sciurus* cet os est relativement plus court. Le bord extérieur droit de la ligne deltoïde est aussi un caractère des Lémuridés, et l'affinité du *Chiromys* avec ce groupe et avec celui des Platyrrhinés se trahit en outre, tant dans la composition de l'articulation cubitale, que dans la structure compliquée du carpe.

L'os central existe dans l'Aye-Aye, de même que l'os sésamoïde accessoire (scapho-trapézio-sésamoïde). L'os scaphoïde montre le rapport de longueur par lequel les Lémuridés se rapprochent plus des Carnivores que des Quadrumanes ordinaires. Les Ecureuils possèdent bien un os central, et aussi l'os sésamoïde en question; mais l'os lunaire est confondu avec le scaphoïde. D'autres Rongeurs s'éloignent encore plus, quant à la structure du carpe, du type des Lémuridés, type qui se retrouve au contraire dans le *Chiromys*.

Le bassin de l'Aye-Aye rappelle tout à fait celui des Lémuridés, tant par l'étendue de l'os iliaque, et l'aspect uni de sa face externe, que par le développement médiocre de la tubérosité ischiatique. L'angle ilio-pubien, qui est de 110° dans l'Aye-Aye et de 145° dans les Ecureuils, éloigne positivement le premier

de ces animaux des seconds. Chez la plupart des Rongeurs les os iliaques sont courbés en dehors, épais et rugueux à l'extrémité supérieure, et leur face externe montre une ligne longitudinale; d'un autre côté, les tubérosités ischiatiques ne sont par tournées en dehors chez les Rongeurs, comme c'est le cas chez le *Chiromys* et chez les Quadrumanes. Les trous obturateurs sont aussi proportionellement beaucoup plus grands dans les Rongeurs que dans le *Chiromys* et dans les Lémuridés.

Le fémur, dont la longueur est égale à celle des dix dernières vraies vertèbres, offre par là plus d'analogie avec celui des Lémuridés qu'avec celui des Rongeurs. Chez ces derniers, le troisième trochanter est aussi ordinairement mieux prononcé que dans l'Aye-Aye. La même affinité se manifeste dans les condyles du fémur.

Le tibia fait aussi ressortir le type quadrumane chez le *Chiromys*, en ce qu'il est presque de même longueur que le fémur. Chez les Rongeurs le tibia est plus long que le fémur, tandis que dans les Quadrumanes il n'y a guère que le *Tarsius* et *l'Otolicnus Peli* où le premier de ces os surpasse le second. Le péroné, qui dans les Sciuridés est uni au tibia par ankylose, reste plus libre et est situé plus en arrière chez l'Aye Aye et chez les Lémuridés.

Parmi les Rongeurs à cinq doigts, les Ecureuils sont ceux où la structure du tarse ressemble le plus à celle qu'on trouve dans l'Aye-Aye; toutefois, la partie interne de l'os naviculaire, qui est articulé avec l'os ento-cunéiforme, devient un os séparé dans les Ecureuils et autres genres.

Par la conformation du pouce et des articulations métacarpo-phalangiennes, le *Chiromys* ressemble aux Quadrumanes, et au point de vue du rapport entre la longueur du tarse et celle de la jambe et du pied, il se rapproche le plus de *Lichanotus* et de *Propithecus*.

L'étude des muscles conduit à des résultats de même nature que la considération du squelette.

Le muscle masséter est très fortement développé dans l'Aye-Aye, mais, de même que chez les Lémuridés, on n'y trouve pas

le faisceau oblique de l'épine et de la fosse maxillaire supérieure, lequel existe chez tous les Rongeurs.

Au cou, la présence d'un *platysma myoides* et d'un sterno-clido-mastoïdien à double attache attire de suite notre attention, vu que, chez les Sciuridés, le premier manque et le second n'a qu'une origine unique (sur la clavicule). Chez beaucoup de Singes c'est au contraire la portion claviculaire du m. sterno-clido-mastoïdien qui manque, mais on la trouve dans les *Stenops tardigradus* et *javanicus*. Chez l'*Otolicnus Peli* et chez le *Tarsius* ces deux branches sont entièrement séparées.

Le m. omo-hyoïdien manque chez beaucoup de grands Mammiféres, mais existe dans les Singes, et dans quelques Carnivores et Marsupiaux. M. Owen ne parle pas de ce muscle dans sa description du *Chiromys*. Le muscle digastrique possède deux ventres chez l'Aye-Aye, comme chez le Potto et les *Stenops tardigradus* et *javanicus*. Les Singes ont ordinairement trois musles scalènes, et il en est de même du *Tarsius*; *Lemur*, *Stenops* et *Chiromys* n'en ont que deux.

Si nous étudions les extrémités, nous trouvons des différences très notables entre *Chiromys*, *Sciurus* et les Lémuridés. Le m. petit rond est un muscle distinct chez le *Chiromys* et chez les Lémuridés, tandis que chez l'Ecureuil il est si peu développé qu'on ne peut y voir que quelques faisceaux isolés du m. sous-épineux. Un sixième anconé, muscle que M. Owen a décrit dans l'Aye-Aye et M. Burmeister dans le Tarsier, ne se trouve pas chez l'Ecureuil.

Le muscle abaisseur de l'épaule, que M. Burmeister a rencontré dans le Tarsier et M. Kingsma dans *l'Otolicnus Peli*, manque chez le Potto. Le biceps du bras présente d'après Vrolik deux têtes chez le *Stenops javanicus*, d'après Meckel une seule chez les autres espèces de *Stenops*, d'après M. Kingsma deux chez *l'Otolicnus Peli*, enfin d'après M. Burmeister deux également chez le *Tarsius* et chez le *Chiromys* (?). Le fléchisseur du bras n'a qu'une tête chez l'Ecureuil, il en a deux chez l'Aye-Aye et chez les Lémuridés (*Stenops*, *Tarsius*, etc.)

Le m. carré pronateur, qui existe dans tous les Lémuridés, se trouve aussi chez l'Aye-Aye, mais manque dans l'Ecureuil.

L'état rudimentaire du pouce chez l'Ecureuil indique déjà, à priori, que les muscles de cette partie doivent être aussi beaucoup moins développés que chez l'Aye-Aye et les Lémuridés, où nous trouvons un pouce au moins partiellement opposable. Le m. long extenseur du pouce, qui existe dans *Stenops*, *Tarsius* et autres genres, et qui se rencontre-également dans le *Chiromys*, ne se trouve pas chez *Sciurus*. Ce dernier genre montre un faisceau tout à fait interne du m. brachial antérieur, qu'on ne voit pas dans *Stenops* et *Tarsius*, ni dans *Chiromys*.

L'examen de l'extrémité inférieure nous apprend de suite que dans les Lémuridés (*Otolicnus*, *Stenops*, *Tarsius*), de même que dans le *Chiromys*, le système des muscles abducteurs est beaucoup plus fortement développé que celui des adducteurs; chez l'Ecureuil, c'est tout le contraire.

Le tenseur du fascia lata paraît manquer dans les Lémuridés; du moins Meckel, Burmeister et van Campen l'ont cherché en vain. M. Owen n'en fait pas mention chez le *Chiromys*. Chez le Potto, comme chez les autres espèces de *Stenops*, le m. biceps crural n'a qu'une seule tête; il en est de même de *l'Otolicnus Peli* et du *Chiromys*. Chez le Chimpanzé, l'Orang et d'autres Singes, Schroeder van der Kolk a trouvé au contraire une double origine à ce muscle, ce que Meckel avait constaté également dans les genres *Ateles* et *Stentor*.

Le m. pectiné possède chez l'Ecureuil, comme en général chez tous les Rongeurs, deux ventres entièrement séparés, et, de son côté, le m. long adducteur naît par deux faisceaux distincts; chez l'Aye-Aye et chez les Lémuridés ces muscles sont beaucoup moins développés.

Le m. long plantaire ne se voit pas chez l'Ecureuil, mais bien chez *Chiromys* et, parmi les Lémuridés, chez *Otolicnus* et *Tarsius* (non chez *Stenops*).

Le m. court extenseur du gros orteil, qui manque chez l'Ecureuil, existe dans les genres *Chiromys*, *Stenops* et *Tarsius*. Il en

est de même du m. long fléchisseur du gros orteil, qui, absent chez l'Ecureuil, est très fortement développé dans les Lémuridés et dans l'Aye-Aye. La disposition des tendons de ces muscles est d'ailleurs, chez *Chiromys*, la même que chez les Lémuridés.

Le cerveau du *Chiromys* se reconnaît de suite comme étant celui d'un animal de la division des Gyrencéphalés, et, pas le nombre des circonvolutions, leur forme générale et leurs rapports, il ressemble tout à fait à celui des *Lemur*; le cerveau proprement dit s'étend aussi au-dessus du cervelet, ce qui n'est par le cas chez les Rongeurs.

Le *flocculus cerebelli* (dans lequel Foville a constaté l'origine du nerf auditif) existe aussi bien chez beaucoup de Rongeurs que chez *Stenops* et *Tarsius*, deux genres entre lesquels *Chiromys* tient pour ainsi dire le milieu.

De même que dans les Lémuridés supérieurs et dans les autres Quadrumanes, les lobes olfactifs sont recouverts par le cerveau chez le *Chiromys*, ce qui n'a jamais lieu chez les Rongeurs (et ne paraît même pas être le cas chez le Tarsier).

Le canal intestinal du *Chiromys* montre aussi plus de ressemblance avec celui des Lémuridés qu'avec celui de l'Ecureuil; le cœcum, par exemple, présente de grandes différences: chez les Sciuridés, il est le plus étroit là où il se continue avec l'iléon, et plus bas il devient très large et très ample; chez les Lémuridés on observe tout le contraire. Or, sous ce rapport, le *Chiromys* se range tout à fait du côté des Lémuridés, de même qu'en ce qui concerne la longueur relative du canal intestinal et les proportions des lobes du foie.

La langue des Sciuridés, et des Rongeurs en général, est courte et épaisse, surtout entre les molaires, et montre ordinairement en ce point les empreintes des replis palatins. La langue de l'Aye-Aye n'a aucun de ces caractères, et ressemble à celle des Lémuridés et des Quadrumanes en général.

En négligeant beaucoup d'autres analogies (de moindre importance) entre le *Chiromys* et les Lémuridés, on peut encore

mentionner le système vasculaire et surtout la structure des organes de la génération. Chez tous les Rongeurs, les testicules peuvent rentrer dans la cavité abdominale, pour n'en sortir qu'à l'époque du rut; chez le *Chiromys*, pas plus que chez les Quadrumanes, on n'observe un pareil phénomène. L'absence de vésicules séminales éloigne aussi l'Aye-Aye des Rongeurs, tandis que la grandeur et la forme de la prostate et des glandes de Cowper le rapprochent des Lémuridés. La verge est pendante, comme chez tous les Quadrumanes, et non, comme chez l'Ecureuil, renfermée dans un prépuce s'ouvrant à proximité de l'anus.

La manière de vivre et surtout la nourriture du *Chiromys* sont, en général, assez conformes à celles des *Stenops*, *Tarsius* et *Galago;* et, quoique cela ne constitue pas une preuve, on peut bien rappeler que sa patrie (l'île de Madagascar) est appelée tout spécialement le pays des Makis.

Après tout ce qui vient d'être dit, il ne peut plus y avoir de doute, à notre avis, sur la question de savoir si le *Chiromys* doit être rangé parmi les Prosimiens ou parmi les Rongeurs; le classement dans la premiere de ces divisions, proposé par de Blainville et par M. Owen, nous paraît pleinement justifié.

C'est uniquement au point de vue du système dentaire qu'on pourrait encore élever des objections contre cette manière de voir. Mais nous avons déjà fait remarquer qu'on ne doit accorder dans la classification qu'une valeur relative aux caractères tirés des dents. Si l'importance de ces parties croît à mesure que l'uniformité de leur disposition s'étend sur un groupe plus nombreux, il n'est pas permis de leur attribuer une valeur prépondérante dans la considération de chaque espèce particulière. Pour arriver à une classification exacte, il est nécessaire, en effet, de ne pas attacher une trop grande importance aux organes qui sont le plus exposés à subir des modifications par suite de changements dans les conditions d'existence, mais de mettre au contraire en première ligne les organes ou parties qui ne participent qu'à un moindre degré

à ces modifications. Ce sont ceux-là qui indiquent le plus sûrement la voie à suivre pour trouver les alliés primitifs des espèces dont la forme s'est modifiée. Quand même les premiers ancêtres de ces espèces devraient nous rester à jamais inconnus, nous avons au moins la chance de découvrir les animaux dont elles présentaient, à une époque plus ou moins reculée, les formes fondamentales, et qui ont eu par conséquent la même origine qu'elles.

Nous croyons pouvoir regarder comme une vérité aujourd'hui généralement reconnue, qu'une classification qui rapproche les animaux d'après leurs rapports d'origine et de descendance est de beaucoup préférable à celle qui s'en tient exclusivement à la similitude des organes, quelque importants que ceux-ci puissent être d'ailleurs pour l'animal lui-même. Plus un organe déterminé a d'importance pour l'animal au point de vue des besoins biologiques, plus s'y accuseront les changements et modifications de structure qui deviennent nécessaires par suite d'un nouveau genre de vie imposé à cet animal; en d'autres termes, dans la différenciation des espèces, les modifications porteront principalement sur les organes qui sont le plus exposés à l'influence de l'usage, du défaut d'usage et de la sélection naturelle.

Il est clair aussi que ce sont surtout ces modifications d'une si grande utilité pour l'animal, qui se transmettront d'une génération à l'autre sous cette influence sans cesse croissante de l'usage et de l'absence d'usage.

Parmi les organes qui, par leur liaison intime avec la manière de vivre, sont surtout exposés à subir des changements et des modifications, il faut placer en première ligne l'appareil entier de la digestion (dents, intestins, muscles servant à la mastication, etc) et les organes de la locomotion (membres et queue).

Pour la classification, nous voudrions voir accorder une importance plus grande aux organes qui n'éprouvent pas aussi directement cette influence du genre de vie, par exemple, dans le cas de l'Aye-Aye, à la structure du crâne.

Sous le rapport de la nourriture, les Lémuridés, surtout *Stenops*, *Tarsius* et *Galago*, sont de vrais Insectivores, et ils mon-

trent en conséquence dans leur appareil dentaire, plus ou moins diversifié du reste suivant la manière de vivre des différentes espèces, des analogies remarquables avec les animaux de cet ordre; sous le rapport de la conformation des membres au contraire, les mêmes Lémuridés, grimpeurs agiles et habitants des arbres, se rapprochent beaucoup des Singes. Par leurs incisives, quelques-uns d'entre eux (en particulier le *Chiromys*) rappellent la famille des Sciuridés, et l'analogie n'existe pas seulement dans la structure de ces organes, mais aussi dans l'usage que les animaux en font.

Si, chez les Sciurides, la queue est devenue, par la disposition caractéristique des poils, un instrument excellent pour diriger les mouvements, nous retrouvons un instrument tout pareil, servant au même usage, chez certains Lémuridés (particulièrement chez les *Galago*). Les mêmes particularités de conformation de la queue et d'aspect général s'observent encore dans une famille d'un autre ordre, dont les espèces ressemblent aux précédentes par la manière de vivre; nous voulons parler de la famille des Grimpeurs (ordre des Insectivores), et spécialement des genres *Ptilocercus* et *Cladobates*.

Pour prouver que, chez les Didelphes également, un même genre de vie entraîne des modifications semblables dans les mêmes organes, nous n'avons qu'à rappeler le Wombat, dont le système dentaire se rapproche de celui des Rongeurs $\left(\frac{1+0+5}{1+0+5}\right)$, et les Pédimanes qui, en leur qualité d'insectivores quadrumanes, sont en quelque sorte parallèles aux Lémuridés parmi les Mammifères monodelphes.

Que de pareils changements dans la structure des organes, en connexion avec le genre de vie, se produisent réellement, c'est ce qu'il est difficile de nier; mais, quant à la manière dont ces changements s'effectuent, bien que quelques-uns puissent être expliqués, on ne peut que répéter avec M. Owen: „autre chose est la conception de l'origine des espèces par l'action continue d'une cause ou loi secondaire, autre chose la connaissance de la nature et du mode d'action de cette cause."

Nous ne hasarderons donc aucune hypothèse pour essayer d'expliquer comment des incisives à racine fermée peuvent se transformer en incisives à racine non fermée, telles qu'on les rencontre chez les Rongeurs.

La nourriture du *Chiromys* se compose de larves d'insectes, qui vivent dans le bois souvent très dur des arbres des forêts de Madagascar. Pour la recherche de ces larves, ses grandes oreilles lui sont d'une utilité spéciale. Lorsque l'animal a acquis la conviction qu'une branche recèle une de ces proies qu'il convoite, il doit en ronger le bois vert, mais dur, jusqu'à ce qu'il ait atteint la galerie où la larve se cache; et dès que cette galerie est ouverte, il doit en extraire la larve aussi rapidement que possible, pour ne pas lui laisser le temps de se retirer dans une autre partie de son conduit. Pour opérer cette extraction, aussitôt qu'une petite ouverture a été pratiquée à la galerie, l'animal se sert de son doigt médian, long, mince et armé d'un ongle aigu.

Une première conséquence de cette manière de se procurer sa nourriture doit être le grand développement des muscles de la mastication, qui, à leur tour, entraînent des modifications dans la forme, la croissance et la grandeur des mâchoires (par exemple, en ce qui concerne l'apophyse condyloïdienne de la mâchoire inférieure). Le travail de ronger le bois, qui incombe aux dents incisives, doit activer dans celles-ci le mouvement de rénovation moléculaire, y augmenter la dépense et par suite aussi l'afflux des matières nutritives. Ce sont surtout les incisives antérieures qui se chargent de la besogne; la paire latérale, qui s'exerce moins, reçoit moins de nourriture, s'atrophie, disparaît même entièrement. Les canines subissent le même sort que les incisives latérales. Il est évident d'ailleurs que ces changements, suite de l'activité ou de l'inertie des parties, ne peuvent devenir sensibles qu'après une série de générations. Les recherches déjà citées de M. Peters sur la première dentition du *Chiromys* viennent à l'appui de la justesse de ce raisonnement, car elles nous apprennent que dans ses premiers rudiments l'appareil dentaire de cet animal ressemble effectivement à celui des Lémuridés, mais qu'avec les progrès de l'âge, par suite

du rôle passif auquel sont condamnées quelques-unes de ses parties, il se rapproche de ce qu'on observe chez les Rongeurs.

On comprend de même que, par l'introduction incessante du doigt médian dans les trous pratiqués dans le bois, ce doigt a dû devenir peu à peu, à travers une suite de générations, un instrument de mieux en mieux approprié à l'opération dont il est chargé. „L'hérédité conserve et perfectionne les formes organisées" dit avec raison M. A. Laugel (*Revue des Deux Mondes*, 1 Mars 1858, p. 130—156).

Du reste, quand même le raisonnement qui précède serait à l'abri de toute objection, il est clair que nous n'aurions pas encore la solution complète du problème déjà signalé ci-dessus: comment les modifications dont il s'agit peuvent-elles donner lieu à la transformation d'une incisive à racine fermée en incisive de Rongeur, à racine non fermée?

Une autre question, qu'il nous reste à examiner, est celle-ci: Si le *Chiromys* fait parti des Lémuridés, quelle est la place qu'il doit prendre dans ce sous-ordre?

En général, les animaux de ce groupe paraissent avoir une grande tendance à éprouver des modifications dans la forme des membres, témoin le long tarse des *Tarsius* et des *Galago*, l'index rudimentaire et jusqu'ici inexplicable du *Perodicticus* et le medius grêle du *Chiromys*. Pour la distribution des genres, on peut donc, à l'exemple de Van der Hoeven, emprunter les caractères tant aux membres qu'à l'appareil dentaire.

Avec les grands Lémuridés (*Lichanotus*, *Lemur*, etc.), à yeux dirigés latéralement, l'Aye-Aye présente des différences trop considérables; et, d'un autre côté, on ne peut songer non plus à le rapprocher du genre *Stenops*, qui s'accorde avec *Lemur* par le système dentaire et qui n'a pas de queue ou n'en possède qu'une très-courte. Aussi bien par l'aspect général que par le genre de vie et la nature des aliments, c'est avec les genres composant la famille des *Macrotarsi* que le *Chiromys* a le plus de rapports. Comparé au *Tarsius* toutefois, il montre encore trop de différences pour pouvoir prendre place à côté

de lui dans le système; avec le genre *Otolicnus* (*Galago* Geoffr.) les analogies sont plus nombreuses, par exemple, le tarse moins allongé (plus court que chez le *Tarsius*) et la queue plumeuse. L'admission des *Microcebus* (à tarse encore plus réduit) dans le genre *Galago*, à titre de sous-genre, confirme le droit que nous avons de placer le *Chiromys* dans le voisinage de ce genre *Otolicnus* (*Galago*), bien qu'il ne possède pas un tarse allongé.

En résumant et pesant toutes les analogies et les différences, nous croyons ne pas agir tout à fait arbitrairement en ajoutant au sous-ordre des Prosimiens une quatrième famille, sous le nom de *Macrotarsi*, et en y admettant les genres : 1° *Microcebus* Geoffr. et 2° *Chiromys* Cuv.

Dans le Manuel de Zoologie de Van der Hoeven, le genre *Microcebus* se trouve caractérisé de cette manière: „species parvae „ab *Otolicno* diversae auriculis pilosioribus, vibrissis facialibus, „*incisivis superioribus latioribus*." Or, dans ces caractères, surtout dans celui qui est exprimé en dernier, nous croyons voir un rapprochement entre les *Microcebus* et les *Chiromys*.

La disposition systématique pourrait alors être établie de la manière suivante:

MAMMALIA.

Ordre II. QUADRUMANA.

Sous-Ordre II. Prosimiae.

Famille 1 *Lemurini*. — Fam. 2 *Nycticebini*. — Fam. 3 *Macrotarsi*. — Fam. 4 *Microtarsi*.

Cette 4me famille serait distinguée par des tarses peu ou point allongés, et par des différences dans le système dentaire, surtout dans la forme des incisives; elle aurait en commun avec les *Macrotarsi* la longue queue, les grands yeux dirigés en avant et les grandes oreilles. Nourriture composée d'insectes [1]).

[1]) Après avoir écrit ce qui précède, nous avons eu connaissance de ce qui concerne ces animaux dans le Manuel de Zoologie de Carus et Gerstäcker. Dans cet ouvrage, le *Chiromys* est également rapporté aux Prosimiens, où il

Genre 1. *Microcebus* Geoffr. Species parvae auriculis pilosioribus, vibrissis facialibus, incisivis superioribus latioribus. — Deux espèces, de Madagascar: *M. murinus* Wagn. et *M. myoxinus* Peters.

Genre 2. *Chiromys* Cuv. Dentes incisivi compressi, acuminati; molares lemurini $\frac{1+3}{1+3}$, obducti, tuberculata, corona detrita plani. Pedes pentadactyli, pollice amoto (praecipue postici), ungue plano, digitis longis, quarto longissimo; cauda elongata, villosa; structura universa lemurina. — Une espèce, de Madagascar: *Ch. madagascariensis* Dm.

L'espèce unique de ce genre pourrait être caractérisée ainsi:

Ch. madagascariensis Dm. (Aye-Aye) Synon. *Lemur Psilodactylus* de Blainv. Chiromys manus digito medio gracili, ungue aliquomodo cuspidato, oculis magnis, auriculis nudis et magnis.

---

forme, à lui seul, une quatrième famille, sous le nom de *Gliromorpha* (= *Leptodactyla* Ill. = *Daubentonia* Gray = *Glirisimiae* Dahl = *Chiromyida* Bonap.) Cette famille est définie ainsi par les auteurs: „Gebiss $i\frac{1}{1}$, $c\frac{0}{0}$, $p\frac{1}{0}$, $m\frac{3}{3}$ (Milchgebiss $i\frac{2}{2}$, $c\frac{1}{0}$, $p\frac{2}{2}$). Die Schneidezähne gross, comprimirt, nagezahn-ähnlich, wurzellos, die untern rückwärts bis unter den Kronfortsatz reichend; dann folgen auf eine weite Lücke (die von den Milchzähnen ausgefüllt wird) die Backenzähne. — Finger und Zehen frei; hinter und vorn der vierte der längste. Vorderdaumen breit, dritter Finger sehr dünn; alle Finger ausser dem Daumen mit krallenartigen Nägeln. Schwanz lang, mit starren Haaren. Zwei inguinale Zitsen. — Einzige Gattung, *Chiromys* Cuv. (Aye-Aye). Art. *Chiromys madagascariensis* Dm. etc."

Il y a donc, entre M. Carus et nous, accord quant au point principal, l'établissement d'une quatrième famille pour le *Chiromys*. Mais, sans nous dissimuler les différenes qui existent entre les *Microcebus* et le *Chiromys*, nous croyons devoir persister à rapprocher ces deux genres et à désigner cette quatrième famille sous le nom de *Microtarsi*.

NOTE SUR LES RÉSULTATS D'UNE ÉTUDE MATHÉMATIQUE DES MOUVEMENTS DE L'ŒIL,

PAR

G. F. W. BAEHR.

(lue à l'Académie des Sciences d'Amsterdam, le 29 Avril 1870.)

Le mouvement continu de l'œil, de même qu'en général le mouvement de rotation autour d'un point fixe, se fait comme si une surface conique, ayant son sommet au centre de rotation et à laquelle le globe oculaire serait invariablement lié, roulait, sans glisser, sur une autre surface conique ayant le même sommet et gardant une position fixe par rapport à la tête. La position et les dimensions du cône fixe sont déterminées immédiatement par la surface conique que doit parcourir la ligne de regard ou l'axe optique de l'œil, ligne dont la direction détermine à son tour, d'après les lois de Donders et de Listing, à chaque instant, la position du globe oculaire.

Ceci posé, le caractère particulier du mouvement de l'œil est que *les deux surfaces coniques en question sont, dans tous les cas, égales et semblables, et qu'elles ont, pendant toute la durée du mouvement, une position symétrique par rapport au plan tangent commun.*

Quand la ligne de regard doit décrire un plan passant par la droite qui joint les centres de rotation des deux yeux, de sorte que, pour la position horizontale de cette droite, le point de regard parcourrait une ligne horizontale sur un plan vertical qui lui est parallèle, *les deux surfaces coniques sont des cônes circulaires droits, dont l'angle au sommet est un angle droit.* Le cône fixe est divisé

en deux parties égales par le plan vertical; son ouverture est tournée vers le côté postérieur de la tête, et l'angle que son axe fait avec la position primaire de la ligne de regard est égal à la moitié du complément de l'élévation de cette ligne. D'après cela, lorsque la ligne de regard, fixe dans le globe oculaire, suit le roulement du cône mobile, son élévation reste constante, et elle décrit par conséquent le plan indiqué.

Si la ligne de regard doit décrire un plan perpendiculaire au plan passant par la position primaire de la ligne de regard et la droite qui joint les centres de rotation des deux yeux, de sorte que, pour la position horizontale de cette droite, le point de regard parcourrait une ligne verticale sur un mur vertical, les deux cônes sont encore *circulaires droits, et leur angle au sommet est un angle droit.* Le cône fixe est maintenant divisé en deux parties égales par le plan horizontal; son ouverture est tournée vers le côté antérieur de la tête, et l'angle que son axe fait avec la position primaire de la ligne de regard est égal à la moitié du complément de la déviation initiale de cette ligne. Quand alors la ligne de regard suit le mouvement du cône roulant, sa déviation latérale et son élévation changent simultanément, de manière que son extrémité parcourt sur un mur vertical une ligne verticale.

Si la ligne de regard doit décrire un cône droit, dont le prolongement de sa direction primaire soit une des génératrices, de sorte que l'extrémité de la ligne de regard décrirait sur le globe oculaire, supposé sphérique, un cercle passant par le point occipital, l'œil tourne autour d'un axe fixe qui est perpendiculaire au plan de ce cercle. L'extrémité de la ligne de regard parcourt alors sur une paroi verticale, qui est en même temps perpendiculaire à la position primaire de cette ligne, les hyperboles tangentiellement auxquelles peuvent être déplacées les images persistantes quelconques formées dans la position primaire.

Mais lorsque la ligne de regard doit décrire un cône circulaire droit autour d'une ligne quelconque prise pour axe, de sorte que son extrémité décrirait sur le globe oculaire, supposé sphérique, un cercle

quelconque, les deux cônes sont bien encore du second degré, mais ils ne sont plus circulaires droits. Si l'on mène un plan par la position primaire de la ligne de regard et l'axe du cône que cette ligne doit décrire, ce plan est un plan principal, et la bissectrice de l'angle de ces deux droites un axe principal du cône fixe, de sorte que les sections perpendiculaires à cet axe sont des ellipses. En prenant, dans un système de coordonnées rectangulaires, cet axe principal pour axe des x et ce plan principal pour plan des $x\,z$, l'équation du cône fixe serait:

$$(1 + \cos\psi)(\cos\alpha + \cos\psi)\,x^2 - (1 - \cos^2\psi)\,y^2$$
$$- (1 - \cos\psi)(\cos\alpha + \cos\psi)\,z^2 = 0,$$

dans laquelle α est l'angle compris entre la position primaire de la ligne de regard et l'axe du cône qu'elle doit décrire, et ψ le demi-angle au sommet de ce cône. Si maintenant on écarte la ligne de regard de sa position primaire, de manière que, restant dans le plan $x\,z$, elle fasse un angle ψ avec l'axe du cône donné, elle décrira la surface de ce cône quand elle suivra dans son mouvement le cône roulant.

Il y a encore à faire la remarque suivante. Une image persistante horizontale, formée dans la position primaire, ne coïncide plus avec la ligne horizontale, lorsque l'œil, quittant sa position, se porte sur quelque autre point d'une paroi verticale, qui est en même temps perpendiculaire à la direction primaire de la ligne de regard. On conclut de là que l'horizon rétinien a tourné d'un certain angle. De même, de ce que l'image persistante verticale, produite dans la position primaire, dévie de la ligne verticale, on tire la conséquence que le méridien vertical primaire a fait une rotation. Les déviations en question ne sont toutefois pas égales aux angles de rotation de ces plans. Elles présentent cette propriété remarquable, que la déviation de l'image persistante horizontale est précisément égale à l'angle de rotation du méridien primaire, et, réciproquement, la déviation de l'image persistante verticale précisément égale à l'angle de rotation de l'horizon rétinien. Il ne paraît pas que cette circonstance ait été remarquée dans les expériences faites pour contrôler la loi de Listing.

LA FORÊT PÉTRIFIÉE DU CAIRE,

LES COLLINES DE TESSONS DE POTERIE DE LA BASSE-EGYPTE ET LA PREMIÈRE CATARACTE DU NIL.

PAR

H. HARTOGH HEYS VAN ZOUTEVEEN.

Pendant un voyage en Egypte, entrepris dans les mois de Novembre et de Décembre 1869, j'ai fait quelques observations, qui ne me semblent pas tout à fait dénuées d'intérêt. La première se rapporte à la *forêt pétrifiée* du Caire. Comme on sait, ce gisement se compose de millions de morceaux de bois pétrifié, qui sont mêlés au sable du désert, de la même manière que les cailloux sont mêlés au sable de notre diluvium caillouteux. Ces fragments de bois pétrifié se composent de silice, et non pas de carbonate de chaux; ils ne montrent pas de vestiges d'avoir été roulés, car leurs arêtes sont aiguës. Ils sont de grandeur différente; il y en a de deux pieds de longueur et d'un demi-pied de largeur. Les espèces les plus répandues sont le dattier (?) et le sycomore. Je crois pouvoir affirmer, que *ces morceaux de bois étaient déjà pétrifiés lorsqu'ils ont été apportés dans ces lieux.* La preuve en est fournie, entre autres, par un morceau du tronc d'une plante monocotylédone, dont j'ai fait cadeau à la collection géologique de l'école polytechnique de Delft. Ce morceau est couvert en grande partie d'une boue noire, parsemée de petits cailloux, et qui a, pour ainsi dire, été pétrifiée aussi, car la croûte forme avec le bois une seule masse pierreuse. Cette boue et ces cailloux diffèrent notablement par leur aspect du sable du désert environnant, ce qui prouve avec évidence, à mon avis, qu'ils étaient déjà fixés au bois et que par conséquent ce dernier avait déjà été

pétrifié, avant qu'il fût apporté dans ces lieux. Quand on adopte ce point de vue, il n'en devient que plus étrange que les morceaux ne montrent pas de traces d'une action violente des eaux, qu'ils possèdent des arêtes aiguës et n'aient pas été brisés après leur pétrification (ce dernier point résulte de la différence d'aspect entre l'extérieur du bois et l'intérieur, différence qui devient visible quand on casse un morceau). On pourrait expliquer le fait en supposant que le bois fut transporté, flottant sur les eaux, avant d'avoir été pétrifié, et qu'il resta sur le sol après l'écoulement des eaux; mais cette hypothèse n'est plus admissible après l'inspection du fragment rapporté par moi.

En second lieu je veux fixer l'attention sur de grandes collines, composées d'une terre noirâtre mêlée d'innombrables tessons de poterie, qu'on trouve près du Caire, près d'Alexandrie et dans d'autres localités de la Basse-Egypte. Aucune plante ne croît sur ces collines, probablement parce qu'elles s'élèvent au-dessus du niveau de l'eau du Nil pendant l'inondation. Les tessons de poterie prouvent que l'homme a eu part à leur formation. Les Egyptologues ne paraissent pas savoir les expliquer. Dans ces derniers temps, on a découvert que la terre noirâtre qui se trouve entre les tessons de poterie était un engrais excellent, ce qui me rappelle les *terramares* de l'Italie. Ces collines n'indiqueraient-elles pas des stations humaines des temps préhistoriques?

Ma troisième observation se rapporte à la première cataracte du Nil et à l'île de Philae. Comme on sait, cette première cataracte n'est, à vrai dire, qu'une succession de rapides, commençant déjà plus ou moins près de Philae et ne finissant tout à fait que près d'Eléphantine. Au milieu de ces rapides s'élèvent partout du sein de l'eau d'énormes blocs de granite (le granite de Syène n'est pas de la syénite, ce qu'on a cru être de la hornblende n'étant que du mica noir). Par-ci et par-là ce granite est couvert d'une autre espèce de pierre, noire, offrant l'aspect

du basalte, et que l'on dirait avoir été coulée sur le granite à l'état fluide. Par l'action de l'eau, la surface de cette pierre a été parfaitement polie; quand on la casse elle présente une surface mate et grisâtre. Le professeur Vogelsang, de Delft, s'occupe en ce moment d'un examen microscopique et chimique de cette pierre, dont je lui ai rapporté un morceau.

Quand on se trouve à l'île de Philae, on voit dans les bras du fleuve qui l'entourent, et sur l'île elle même, d'énormes rochers de granite. Les bords du Nil, du côté de l'intérieur du continent, nous font voir aussi des rochers, formés de morceaux de granite amoncelés, arrondis par l'action des eaux. En observant ces rochers, l'hypothèse se présenta immédiatement à mon esprit, qu'ils ne sont que les débris d'une digue naturelle, qui autrefois retenait ici les eaux du Nil. Celles-ci, s'élançant au-dessus de cet obstacle, retombaient de l'autre côté, et formaient ainsi sans doute une véritable cataracte. Après que, par un travail séculaire, le fleuve eut brisé ses entraves, cette cataracte de Philae disparut, et fut remplacée par la série de rapides qu'on voit aujourd'hui entre Philae et Eléphantine. D'après cette hypothèse, la cataracte se serait donc déplacée en aval dans le cours des siècles, juste à l'inverse du Niagara, qui se déplace en amont. Avant la rupture de la chaîne de rochers de Philae, le niveau du fleuve, entre la première et la seconde cataracte, devait être de plusieurs mètres plus élevé qu'aujourd'hui.

J'avais fait cette observation, cette hypothèse, lorsque, en lisant l'aperçu de l'histoire ancienne d'Egypte par A. Mariette-bey, je fus frappé par les mots suivants, qu'on y trouve à la page 25:

„Il existe au-dessus de Ouady Halfa, près du village de Semneh, des rochers situés à pic sur le fleuve, et qui portent à 7 mètres au-dessus des plus hautes eaux actuelles des inscriptions hiéroglyphiques. Or, de la traduction de ces inscriptions, il résulte que, sous la XIIme et la XIIIme dynastie, le Nil, dans sa plus grande hauteur, s'élevait jusqu'au point où ces légendes sont tracées. Il y a 40 siècles, le Nil montait donc, à la deuxième cataracte, à environ 7 mètres plus haut qu'il ne

monte aujourd'hui. *Il y a là un problème digne d'attention et que la science n'a pas encore résolu.* Le changement de niveau du Nil à la seconde cataracte est-il dû aux grands travaux hydrauliques entrepris par les rois du Moyen-Empire, dans le but, soit de régulariser les inondations de ce fleuve impétueux, soit d'élever un rempart naturel entre l'Egypte et ses plus redoutables ennemis, en rendant cette cataracte impraticable aux navires qui descendaient du Soudan? C'est ce que je ne pourrais dire."

Je crois que la solution du problème se trouve dans la destruction de la digue naturelle, qui autrefois retenait les eaux du Nil à Philae. La destruction de cette chaîne de rochers n'a pas été l'œuvre de la main de l'homme, mais celle du fleuve lui-même, qui y a employé une série de siècles.

SUR LA SYNTHÈSE DU SULFOCYANATE D'AMMONIUM

(RHODAN-AMMONIUM).

PAR

H. HARTOGH HEYS VAN ZOUTEVEEN.

On lit dans le *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie*, publié par M. A. Strecker pour 1868, Prem. fasc., 15 Février 1870, pag. 160:

„M. Berthelot hat die Existenz des Kohlenoxysulfides bestätigt und einige weitere Angaben über dasselbe gemacht. Während Schwefelkohlenstoff bei gewöhnlicher Temperatur auf Ammoniakflüssigkeit nur langsam und auf gasformiges Ammoniak selbst bei mehrstündigem Contact nicht einwirkt, verbindet sich das Oxysulfid mit demselben leicht und zwar mit dem Gase zu krystallinischem oxysulfocarbamins. Ammonium nach der Gleichung: $\mathrm{CO S} + 2\,\mathrm{N H_3} = \mathrm{C S N H_2 (N H_4) O}$. Durch Erhitzung ihrer wässerigen Lösung in geschlossenen Gefässen geht diese Verbindung in Schwefelcyanammonium über."

Suivant M. Berthelot, le sulfure de carbone ne réagirait donc pas à la température ordinaire sur l'ammoniaque gazeuse. Ceci est en contradiction directe avec une expérience faite par moi en Décembre 1866 et que je n'ai pas encore publiée. Je faisais traverser du sulfure de carbone par un courant d'ammoniaque gazeuse bien séchée au moyen de la potasse caustique. Le sulfure de carbone se colora en jaune, et bientôt il se déposa un précipité rouge brique, tandis que le liquide se décolorait. Ce précipité rouge fut dissous dans l'eau. En faisant évaporer cette solution au-dessus d'une lampe de Bunsen jusqu'à la moitié

de son volume, elle se décolora en répandant des vapeurs de sulfure de carbone et de sulfure d'ammonium, tandis qu'un peu de soufre se déposa. Ce qui restait, était une solution de sulfocyanate d'ammonium, très reconnaissable à sa réaction sur le chlorure de fer. La réaction du sulfure de carbone sur l'ammoniaque gazeuse avait donc été la suivante. D'abord ils s'étaient unis en formant du sulfocarbaminate d'ammonium:

$$\mathrm{CS_2 + 2NH_3 = CSNH_2(NH_4)S}, \text{ tout comme}$$
$$\mathrm{COS + 2NH_3 = CSNH_2(NH_4)O}.$$

Le sulfocarbaminate d'ammonium s'était partagé, par l'action de la chaleur sur sa dissolution aqueuse, en sulfure de carbone, sulfure d'ammonium et sulfocyanate d'ammonium:

$$\mathrm{2CSNH_2(NH_4)S = CS_2 + (NH_4)_2S + \left.\begin{matrix}C & N\\ NH_4\end{matrix}\right\} S}$$

Je crois que cette méthode de synthèse du sulfocyanate d'ammonium (corps organique, contenant de l'azote et faisant partie de la salive de plusieurs animaux) est nouvelle.

On pourrait aussi se figurer la réaction comme il suit. D'abord le sulfure de carbone et l'ammoniaque forment ensemble du sulfocarbonate d'ammonium et de la sulfocarbamide:

$$\mathrm{2CS_2 + 4NH_3 = \left.\begin{matrix}CS\\ (NH_4)_2\end{matrix}\right\} S_2 + \left.\begin{matrix}CS\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\} N_2},$$

tout comme l'acide carbonique forme avec l'ammoniaque gazeuse du carbonate d'ammoniaque et de la carbamide:

$$\mathrm{2CO_2 + 4NH_3 = \left.\begin{matrix}CO\\ (NH_4)_2\end{matrix}\right\} O_2 + \left.\begin{matrix}CO\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\} N_2}.$$

En faisant bouillir ce mélange, le sulfocarbonate d'ammonium se décompose, et il ne reste que de la sulfocarbamide, qui n'est autre que le sulfocyanate d'ammonium, car:

$$\mathrm{\left.\begin{matrix}CS\\ H_2\\ H_2\end{matrix}\right\} N_2 = \left.\begin{matrix}CN\\ NH_4\end{matrix}\right\} S}.$$

OBSERVATIONS
SUR LA MACHINE ÉLECTRIQUE DE HOLTZ,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. Les observations que j'ai à communiquer sur la machine de Holtz, bien que n'ayant peut-être pas une grande importance, ne sont pourtant pas, me semble-t-il, tout à fait dépourvues d'intérêt. Je me suis servi pour mes expériences d'une machine dite à quatre éléments, construite par Borchardt, d'après le modèle décrit et figuré dans les *Annales* de Poggendorff, tome CXXVII, p. 320. Il est connu que lorsqu'on éloigne les conducteurs l'un de l'autre à une distance assez grande pour que l'étincelle cesse de jaillir entre eux, et qu'ensuite on les rapproche de nouveau, le courant se trouve ordinairement renversé; d'un autre côté, la manière dont les éléments en papier sont continuellement alimentés n'est pas toujours expliquée d'une manière satisfaisante. Ce sont surtout ces deux points que je me propose d'élucider.

2. D'abord je demanderai qu'on se débarrasse entièrement de toutes les notions plus ou moins claires de courants de charge et de décharge, et de deux courants positifs et deux négatifs qui se mouvraient simultanément dans le conducteur. L'explication de l'appareil et de son mode de fonctionnement n'a réellement pas besoin d'être aussi compliquée. Je m'en tiendrai simplement aux termes et aux idées qui ont cours relativement à l'électricité positive et négative et à l'influence ou induction.

Lorsque la lame d'ébonite frottée est tenue exactement devant l'ouverture, on observe, en faisant tourner la machine, de petites étincelles qui se succèdent entre les conducteurs, mais la charge n'augmente pas; le phénomène persiste aussi longtemps que la plaque d'ébonite conserve de l'électricité. Cette plaque, en effet, remplit ici tout à fait le rôle d'un élément de papier; seulement,

comme elle n'est pas alimentée, sa tension s'affaiblit peu à peu par l'influence de l'air, etc., et, par suite, l'action finit par s'arrêter.

Lorsque la lame d'ébonite est placée devant l'élément de papier, ou même en contact avec lui, l'électricité négative de la lame dissimule l'électricité positive du papier, tandis qu'elle repousse l'électricité négative mise en liberté; celle-ci, ne pouvant, à travers le papier, se frayer facilement un chemin au dehors, se porte sur le verre du disque fixe, et, y pénétrant de plus en plus profondément, elle exerce à son tour de l'influence sur le disque tournant, dont elle dissimule l'électricité positive et refoule l'électricite négative, qui s'écoule dans le conducteur. Le plateau doit déjà être en mouvement avant qu'on applique la lame d'ébonite, car, sans cela, l'électricité positive de ce plateau ne tarderait pas à se combiner, à travers la mince couche d'air, avec l'électricité négative devenue libre sur le papier.

Il y a, naturellement, un grand avantage à rendre les deux disques très voisins l'un de l'autre, et même on peut hardiment replier les pointes de carton en dedans, de façon qu'elles touchent le plateau tournant. M. Holtz recommande seulement de rapprocher ces pointes autant que possible du disque mobile, mais je me suis toujours bien trouvé de les laisser traîner littéralement à la surface de ce disque.

Aussitôt que le segment du disque tournant échappe à l'influence du premier élément de papier, l'électricité positive qui y était dissimulée devient libre, et, pour autant qu'elle se trouve à la face interne du segment, elle passe, par la pointe traînante du second élément, dans le papier; celle qui se trouve à la face externe du verre est recueillie par le conducteur.

De cette manière, le second élément est chargé à son tour; le papier agit par influence, à travers le verre du disque fixe, sur le plateau tournant, c'est-à-dire, qu'il y dissimule de l'électricité négative et chasse une nouvelle quantité d'électricité positive dans le conducteur.

L'électricité négative, dissimulée pendant un instant, devient libre dès que la partie du disque mobile sur laquelle elle se trouve est soustraite à l'influence du second élément; cette électricité va alors charger négativement le troisième élément.

Par une action tout à fait analogue, le troisième élément communique une charge positive au quatrième, et de cette manière, en un temps très court, les quatre armatures de papier sont chargées alternativement d'électricité négative et d'électricité positive, et l'appareil est prêt à fonctionner. A mesure qu'on tourne plus rapidement, le même segment du disque mobile passera, dans le même temps, de plus en plus fréquemment devant les éléments de papier et les peignes des conducteurs; mais, d'un autre côté, il restera à l'électricité momentanément dissimulée sur le plateau tournant de moins en moins de temps pour se porter, à travers la couche d'air, sur l'électricité contraire des papiers. A mesure que la tension s'élève dans l'appareil, j'attends donc moins d'avantages d'un très grand rapprochement des deux disques, vu que par là ce transport devient de plus en plus facile.

Une preuve de la réalité de l'explication précédente, c'est que, au bout de très peu de temps, on peut recueillir, à l'aide du plan d'épreuve, de l'électricité positive sur tout le quadrant du disque mobile venant à la suite d'un conducteur qui a soutiré de l'électricité négative. De même, sur les quadrants qui se trouvent derrière un peigne positif, on recueille partout de l'électricité libre négative, jusque tout près de ce peigne lui-même.

Notre manière de voir est aussi confirmée par les phénomènes lumineux qu'on observe dans l'obscurité. En effet, on trouve des aigrettes positives aux pointes des conducteurs qui, selon cette manière de voir, sont censés soutirer de l'électricité négative; une pareille aigrette positive se voit aussi à la pointe de carton qui termine le premier élément de papier, celui qu'on charge directement. Lorsque l'élément de papier, où l'électricité se meut avec tant de peine, acquiert une charge suffisamment forte, on finit par voir de temps en temps au côté opposé, là où le carton est à bord arrondi, une auréole négative, dirigée, comme le montre l'aigrette positive qui s'y rattache, vers les pointes du conducteur; cela prouve qu'il s'échappe dans ce cas de l'électricité négative, qui se combine avec l'électricité positive devenue subitement libre en face des peignes. On constate donc réellement ici l'effet nuisible dont j'ai parlé plus

haut, savoir, le transport à travers l'air de l'électricité accumulée.

3. Naturellement, l'électricité positive de deux des bras du conducteur s'écoule continuellement vers l'électricité négative des deux autres bras; mais je ne vois aucune raison, comme je l'ai dit, d'obscurcir cette notion si simple par l'admission de courants de charge et de décharge.

Il est facile de comprendre maintenant comment le courant peut se renverser dans le conducteur, d'une manière en apparence tout à fait capricieuse. Ce renversement se produira aussitôt — mais seulement alors — qu'un quadrant du plateau passera du peigne A au peigne B avec de l'électricité libre négative, au lieu de passer avec de l'électricité positive; ou vice-versâ. Or, cela arrive dès que les conducteurs sont écartés suffisamment pour que l'étincelle ne puisse plus jaillir de l'un à l'autre; l'électricité, tant positive que négative, déjà recueillie se rejette alors sur le verre, et un quadrant déterminé, au lieu de continuer à tourner avec de l'électricité libre négative, tourne avec l'électricité libre positive reçue du conducteur; ou réciproquement. J'ai pu très bien observer ce phénomène avec une jolie machine à deux éléments, construite par Ruhmkorff et appartenant à mon ami M. Hanekuik; lorsque j'écartais les conducteurs au-delà de la distance explosive, et que je faisais continuer la rotation de l'appareil, j'entendais immédiatement le bruit crépitant de la décharge sur le verre; mais lorsque je faisais arrêter brusquement, je prévenais l'excès de tension et la décharge sur le verre et je ne percevais plus aucun bruit.

Le moyen indiqué par M. Holtz (Poggendorff's *Annalen*, T. CXXX, p. 171) pour empêcher ce renversement spontané du courant, moyen appliqué aujourd'hui dans la construction des machines de Borchardt, consiste simplement dans l'emploi d'un conducteur secondaire à peignes, qui donne aux électricités repoussées l'occasion de se réunir très facilement, avant que la rotation les ait amenées devant l'élément suivant.

4. Avec mon appareil à quatre éléments, j'ai un moyen très simple de renverser le courant aussi souvent que je le désire, tout en maintenant les conducteurs à la distance ordinaire. Je n'ai besoin pour cela que de tourner un instant le plateau à contresens; aussitôt que je me remets alors à tourner dans le sens habi-

tuel, je trouve le courant renversé; en peu de minutes je puis ainsi produire l'inversion un grand nombre de fois.

L'explication est facile: un papier à charge négative met de l'électricité positive en liberté sur le plateau tournant; au lieu de laisser celle-ci s'écouler, comme d'habitude, sur les peignes des conducteurs, je la fais rétrograder et la transporte, en partie sur la branche immédiatement précédente du conducteur, en partie sur l'élément de papier immédiatement précédent, élément dont la pointe traîne sur la face interne du plateau; en un instant, cet élément, qui jusqu'alors avait une charge positive, est chargé négativement. De cette manière, les charges de tous les éléments se trouvent renversées simultanément; la partie de l'électricité, qui s'est portée sur le conducteur, contribue à l'action, en ce qu'elle rend libre de l'électricité positive pour le second élément précédent. Si l'on recommence alors à tourner dans le sens normal, le courant est renversé. La seule précaution à observer est de ne pas prolonger assez longtemps la rotation à rebours pour que toute l'électricité libre se perde.

5. Lorsqu'on présente le doigt ou un fil de cuivre à la fenêtre d'un des éléments, et qu'on le rapproche de plus en plus de la face interne du plateau tournant, le bout du doigt ou la pointe du fil deviennent fortement lumineux, preuve qu'ils s'emparent aussi d'une partie de l'électricité dégagée. Si le peigne placé vis-à-vis du doigt, de l'autre côté du plateau, recueille de l'électricité négative, il est clair que l'électricité qui s'écoule dans le doigt doit aussi être négative; et, en effet, on voit alors une aigrette positive jaillir du doigt. Les dents du peigne, la pointe du bord en carton de l'élément de papier, et l'extrémité du doigt ou du fil de cuivre qu'on tient, à côté de la pointe en carton, près du plateau tournant, toutes montrent à la fois des aigrettes positives. Il ne me paraissait pas bien évident que l'électricité soutirée par le doigt dût entrer en défalcation de celle que reçoit le conducteur, car, pour arriver jusqu'aux peignes, elle aurait à traverser d'abord toute l'épaisseur du verre; d'un autre côté, M. le Dr. Kayser, de Leyde, construit des machines composées d'un disque fixe et de deux disques tournants, et il obtient ainsi une action beaucoup plus intense. Je

pensai, d'après cela, qu'on parviendrait peut-être à augmenter la quantité d'électricité recueillie en transportant aussi sur le conducteur l'électricité de la face interne du plateau. Je fis donc construire quatre branches courbes et creuses, qui pouvaient s'adapter aux cylindres à peignes du conducteur malgré la présence des dents, ces branches étant fendues dans toute l'étendue nécessaire; au-delà, elles passaient librement par dessus le bord des disques et arrivaient, par une partie droite, juste en face des fenêtres des éléments, où elles étaient garnies de peignes. Par cette disposition, je recueillais réellement sur le conducteur l'électricité de la face interne et de la face externe du plateau; mais, à ma grande surprise, si une ou deux branches n'exerçaient pas beaucoup d'influence, l'effet se trouvait prodigieusement affaibli quand on faisait usage des quatre branches à la fois. Je m'étais donc fourvoyé, et mon essai avait échoué, pour la raison, facile à reconnaître à postériori, que j'avais privé les éléments de papier et leurs pointes en carton de l'alimentation nécessaire, détournée au profit du conducteur.

Cette tentative infructueuse m'a pourtant appris quelque chose. Je voulais essayer encore une fois de renverser le courant, en tournant la manivelle en sens contraire, mais il me fut impossible d'y parvenir, bien que, peu de semaines auparavant, j'eusse répété la même expérience avec succès des centaines de fois peut-être. Je remarquai alors qu'une des branches recourbées était restée adaptée au conducteur; or, cette branche avait recueilli en faveur du conducteur l'électricité contraire qui arrivait en ce point, et avait ainsi préservé de son action la pointe en carton voisine; un élément de papier, au moins, avait donc conservé sa charge normale, et, aussitôt que la rotation reprenait son sens habituel, le courant ne tardait pas à se rétablir dans son intensité primitive.

Toutes les machines électriques de Borchardt sont soumises à une épreuve avant d'être livrées; la mienne a certainement atteint entre mes mains la force qu'on lui avait trouvée a Berlin, ce qu'on peut inférer de la circonstance que j'ai déjà perforé et brisé, dans le cours de mes recherches, le condensateur en bâton qui accompagnait l'appareil.

SUR LE

DOSAGE VOLUMÉTRIQUE DU FER

PAR L'HYPOSULFITE DE SOUDE,

PAR

A. C. OUDEMANS Jr.

Il y a trois ans environ, j'ai proposé (*Zeitschrift für analytische Chemie*, VI, 129; *Archives Néerlandaises*, IV, 55) une méthode de dosage du fer dans les sels ferriques, méthode fondée sur ce que ces sels, en présence d'une petite quantité d'un sel cuivrique, subissent, sous l'influence de l'hyposulfite de soude, une réduction facile et rapide, dont la fin est indiquée par la disparition de la coloration communiquée à la liqueur par une addition de rhodanure de potassium.

Dans la troisième édition de son *Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode*, M. F. Mohr vient de soumettre cette méthode à une critique, dont la conclusion est qu'elle ne peut rendre aucun service.

Je ne puis garder le silence sur cette appréciation, d'une part, parce que je ne veux pas laisser croire que j'accepte la condamnation prononcée par M. Mohr, et, d'autre part, parce que les raisons qu'il invoque sont en grande partie dénuées de tout fondement et fournissent la preuve qu'il n'a pas lu ou n'a lu que très superficiellement mon Mémoire original et, en tout cas, qu'il n'a pas compris le principe sur lequel la méthode repose.

„J'ai trouvé cette méthode", ainsi commence la critique de M. Mohr (*l. c.* p. 291), „tout à fait impropre, car, vers la fin, la liqueur est toujours troublée par un précipité de rhodanure cuivreux, qui ne permet plus de rien distinguer. Si, en dépit du précipité, on enlève par l'hyposulfite de soude toute trace de coloration, et qu'on ajoute alors encore quelques gouttes de solution cuivrique, le précipité augmente considérablement et la couleur rouge du rhodanure de fer se montre de nouveau. La quantité d'hyposulfite nécessaire dépend donc de la quantité de vitriol de cuivre qu'on a ajoutée."

Ce que M. Mohr avance dans la première phrase de ce passage n'est pas tout à fait exact. Lorsque dans l'addition du rhodanure de potassium et du sel de cuivre on dépasse certaines limites, il se forme en effet toujours un précipité; mais lorsque la quantité d'un de ces deux réactifs n'est que très petite, la liqueur reste claire, et sa coloration, de plus en plus affaiblie à mesure de l'arrivée de l'hyposulfite de soude, finit par s'effacer complétement. Dans mon Mémoire j'avais recommandé d'ajouter à la dissolution ferrique acide une ou deux gouttes d'une solution assez concentrée de vitriol de cuivre et 2—5 CC. d'une solution à 1 p. c. de rhodanure de potassium. J'avais fait de cette manière un grand nombre d'analyses, dont les résultats laissaient peu de chose à désirer [1]).

Postérieurement, j'ai trouvé qu'il valait mieux employer un peu plus de sel de cuivre et, par contre, beaucoup moins de rhodanure de potassium. Comme la réussite de l'expérience dépend des quantités des réactifs ajoutés, je crois qu'il ne sera pas inutile de donner à ce sujet des indications précises. J'ajoute à la dissolution ferrique, peu importe qu'elle soit plus ou moins concentrée, 3 CC.

---

[1]) Comme contre-partie de la critique donnée par M. Mohr, je me permettrai de citer ici un Mémoire de M. C. Balling (*Oesterreich. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen*, 1869, No. 19; Dingler's *Pol. Journ.*, t. 192, p. 410; Fresenius, *Zeitschr. f. analyt. Chemie*, t. IX, p. 99), dans lequel ce savant exprime sa satisfaction au sujet de ma méthode et déclare qu'elle ne lui a pas fait commettre d'erreurs plus grandes que 0,3 p. c.

d'une solution de vitriol de cuivre à 1 p. c., puis 2 CC. d'acide chlorhydrique concentré, et enfin, pour chaque 100 CC. de liqueur ferrique, 1 CC. de solution de rhodanure de potassium (1 p. c.). L'acide chlorhydrique libre, bien loin de nuire, exerce plutôt une influence favorable sur la réaction, à condition seulement qu'on n'élève pas trop la température. Il s'oppose en outre à la formation du rhodanure de cuivre.

J'ai reconnu aussi qu'il est bon de ne pas étendre des dissolutions concentrées (pourvu qu'elles ne renferment pas un *trop* grand excès d'acide libre), mais d'y laisser couler immédiatement, après l'addition de KRn et Cu SO_4, la solution d'hyposulfite, d'abord sous forme de filet, ensuite goutte à goutte; pendant cette opération la liqueur doit être maintenue constamment en agitation.

Pour ce qui est maintenant de l'assertion contenue dans la 2e et la 3e phrase du passage cité de M. Mohr, j'y donne mon plein acquiescement. Dès qu'il se forme un précipité, l'essai est perdu; mais c'est précisément à *prévenir* cette formation qu'on doit s'appliquer. Or rien n'est plus facile, comme chacun pourra s'en assurer, s'il consent à suivre fidèlement la marche prescrite ci-dessus.

Mais, écoutons de nouveau M. Mohr:

„Cette méthode est réellement la première où l'on propose de faire intervenir deux indicateurs. Toutefois, le sulfate de cuivre n'est pas un indicateur proprement dit; il joue lui-même un rôle dans la décomposition et détruit une partie de l'hyposulfite de soude, laquelle est ensuite portée au compte de l'oxyde de fer. Lorsqu'on mêle du sulfate de cuivre et de l'hyposulfite de soude, qu'on chauffe légèrement, puis qu'on ajoute du rhodanure de potassium, on obtient le précipité gris-bleuâtre semblable par l'aspect à l'iodure de cuivre. Il va sans dire qu'une partie de l'hyposulfite a été employée à la production de ce précipité; or c'est là un défaut dans un indicateur."

Les phénomènes dont il est question dans les deux dernières phrases sont trop connus pour qu'il y ait lieu de s'y arrêter. Mais M. Mohr les met, bien à tort, en rapport avec la réaction fonda-

mentale de ma méthode, et il donne une idée tout à fait fausse de ce que je me suis proposé et de ce que j'ai écrit.

En effet, ce n'est pas comme *indicateur* que j'emploie le sel de cuivre, mais comme moyen d'accélérer la réduction du sel de fer par l'hyposulfite. Le rhodanure de potassium *seul* est ici indicateur; le sel de cuivre, qui est transformé alternativement en sel cuivreux sous l'influence de l'hyposulfite et en sel cuivrique sous l'influence du sel ferrique, joue un rôle analogue à celui des matières dites de contact (Fresenius, *Zeitschrift* VI, p. 131—131).

L'assertion de M. Mohr, que le sel de cuivre décompose une partie de l'hyposulfite, est tout à fait inexacte; car, lorsque le dosage est terminé et qu'on a ajouté tout juste assez d'hyposulfite pour décolorer entièrement le liquide, mais rien de plus, le sel de cuivre se trouve finalement dans la liqueur à l'état de combinaison cuivrique. Si alors on ajoute *encore plus* de réactif, il *commence* à se former du sel cuivreux qui persiste comme tel, et cela parce qu'il ne rencontre plus de matières capables de le transformer en combinaison cuivrique.

Tout cela avait déjà été dit en 1867 (*Zeitschr. f. anal. Chem.*, VI, p. 131 et suiv.), mais il fallait bien l'exposer encore une fois ici, avec plus de détails, puisqu'il paraît que ma première explication n'était pas suffisamment claire ou du moins n'a pas été comprise par M. Mohr. Mais peut-être est-ce moi qui n'ai pas bien saisi l'idée de M. Mohr; peut-être pense-t-il que l'hyposulfite réduit d'abord d'une manière permanente le sel de cuivre ajouté, et ensuite seulement le sel de fer. Tel toutefois ne *peut* être le cas, comme il résulte suffisamment de tout ce que nous savons au sujet de l'action que les dissolutions acides de sels d'oxydule de cuivre exercent sur les dissolutions de sels de peroxyde de fer; cette action, pour la résumer en peu de mots, consiste en ce que les sels ferriques sont réduits par les sels cuivreux suivant la formule générale

$$\overset{\prime\prime}{Cu}_2 \overset{\prime}{R}_2 + \overset{VI}{Fe}_2 \overset{\prime}{R}_6 = 2 (\overset{\prime\prime}{Cu} \overset{\prime}{R}_2) + (\overset{\prime\prime}{Fe} \overset{\prime}{R}_2),$$

aussi longtemps que manquent les conditions nécessaires pour la

formation d'un composé cuivreux insoluble. La nature de ces conditions ne saurait être indiquée d'un seul mot; mais il est certain qu'elles dépendent de la concentration des liquides, de la présence ou de l'absence d'acides libres, etc.

La fausseté de l'hypothèse émise ci dessus ressort d'ailleurs encore des faits suivants:

1°. La quantité plus ou moins grande du sulfate de cuivre ne change rien (pourvu qu'il ne se forme pas de précipité de rhodanure de cuivre) à la quantité d'hyposulfite qu'exige la décoloration d'une quantité déterminée de combinaison ferrique additionnée de rhodanure de potassium.

2°. La détermination du fer dans une dissolution *exempte de cuivre* par le procédé de M. Mohr (chauffer avec KI et doser par l'hyposulfite l'iode mis en liberté) fournit des résultats parfaitement d'accord avec ceux que donne *ma* méthode, appliquée à la même solution ferrique, avec addition de quantités *variables* de sulfate de cuivre; or, cela serait impossible si le sel de cuivre exerçait une influence perturbatrice.

M. Mohr termine sa critique par les mots suivants:

„Du reste, la modification proposée ne répond à aucun besoin, puisqu'il existe déjà des méthodes beaucoup plus précises. La difficulté de saisir la fin de l'opération est bien plus grande dans le procédé de M. Oudemans que dans tous les autres. L'auteur recommande, il est vrai, de n'employer qu'une petite quantité de solution cuivrique, mais comme, d'un autre côté, il ignore combien d'oxyde de fer se trouve dans la liqueur, il introduit dans le travail un élément tout à fait arbitraire."

Après ce qui a été dit plus haut, il sera inutile d'insister sur le peu de fondement de la dernière de ces assertions.

Il ne me reste donc qu'à répondre au reproche contenu dans les deux premières phrases de ce passage.

Je reconnais volontiers qu'on possède des méthodes très-exactes pour la détermination du fer dans les sels de peroxyde; mais la plupart sont d'une exécution trop longue. La réduction des sels ferriques par le zinc (pour pouvoir titrer ensuite par le caméléon)

demande beaucoup de temps ; le dosage par la méthode de M. Mohr exige, selon les prescriptions données par l'auteur, $\frac{1}{2}$ heure, et on n'est jamais *sûr* qu'après ce temps la réduction est *entièrement* achevée ; la détermination par le bichromate de potasse (après une réduction fastidieuse) est désagréable, parce que le liquide reste coloré et qu'on ne peut arriver à connaître la fin de la réaction que par l'essai d'une goutte de la liqueur par le ferricyanure de potassium ; la réduction des sels de peroxyde de fer par le bichlorure d'étain prend de nouveau un temps considérable, vu que le réactif doit être ajouté peu à peu au liquide bouillant et qu'il faut toujours déterminer préalablement le titre de ce réactif.

A ces griefs on peut encore ajouter que, dans la méthode de M. Marguerite, l'opérateur dépend de la pureté du zinc employé à la réduction, et que la solution réduite doit ordinairement être filtrée pour séparer un résidu de carbone ou de métal (plomb provenant du zinc, etc.), ce qui donne de nouveau occasion à la production de sel ferrique ; — que, dans la méthode de M. Mohr, l'exactitude du résultat dépend de la pureté de l'iodure de potassium employé ; que le poids atomique du chrome et par conséquent aussi le poids moléculaire du bichromate de potasse sont incertains, etc.

Les défauts que je viens de signaler dans les méthodes connues pour la détermination du fer dans les sels de peroxyde, sont assez sensibles pour que personne ne soit surpris que j'aie cherché un procédé commode, permettant d'exécuter en peu de temps un grand nombre de dosages du fer. Je croyais avoir découvert ce procédé dans la réaction de l'hyposulfite de soude sur les sels de peroxyde de fer, lorsque je reconnus que j'avais été devancé, et que MM. Scherer, Landolt et Kremer s'étaient déjà servis de l'hyposulfite dans le même but.

En étudiant les phénomènes qui se passent dans l'action de l'hyposulfite de soude sur les sels de peroxyde de fer, je remarquai par hasard que la réduction de ces sels était singulièrement accélérée par la présence des sels de cuivre, et c'est ainsi que je fus conduit à adopter la méthode communiquée primitivement

dans le *Zeitschrift f. anal. Chemie*, méthode qui m'a toujours donné des résultats très satisfaisants et que d'autres chimistes ont également jugée acceptable (Voir le Mémoire de M. Balling, cité ci-dessus p. 275).

La fin de la réaction n'est vraiment pas aussi difficile à saisir que M. Mohr le donne à entendre; il ne s'agit ici que d'avoir acquis un peu d'habitude. D'un autre côté, la décoloration graduelle du liquide, en permettant d'apprécier à chaque instant les progrès de la transformation, offre un avantage qu'on ne retrouve, au même degré, dans aucune des autres méthodes.

Néanmoins, j'ai cherché à lever la difficulté signalée par M. Mohr, en apportant à ma méthode une légère modification, qui, sans nuire à la rapidité du travail, permet d'atteindre une exactitude plus grande. Voici en quoi consiste ce changement. Je procède de la manière décrite ci-dessus, à cela près qu'au lieu d'attendre anxieusement le moment où la liqueur a reçu tout juste assez d'hyposulfite pour se trouver décolorée, j'ajoute en une fois une quantité telle de réactif qu'il ne puisse rester aucun doute concernant la disparition de la couleur jaune. En opérant ainsi, on ajoute un peu trop d'hyposulfite; cet excès, on le détermine (après addition d'eau d'amidon) à l'aide d'une solution décime d'iode. Avec un peu d'habitude, il est facile de ne pas dépasser beaucoup le point où la réaction est complète, de sorte que le dosage par reste ne demande qu'une petite quantité de solution d'iode et qu'une erreur dans le titre de celle-ci ne peut exercer qu'une influence très faible.

On voit que, ainsi améliorée, ma méthode revient au fond à celle qui a été proposée par MM. Landolt et Kremer; toutefois, elle a sur celle-ci l'avantage de conduire beaucoup plus rapidement au but, et de donner de bons résultats même en présence d'une grande quantité d'acide chlorhydrique libre ou dans des dissolutions très étendues.

Pour être en droit de proposer la modification que je viens de décrire, il fallait naturellement s'assurer d'abord que le sel de cuivre et le rhodanure de potassium n'apportaient aucune influence

perturbatrice dans le dosage par reste; d'autant plus que, par l'addition d'un excès d'hyposulfite, une partie du sel cuivrique est effectivement réduite à l'état de sel cuivreux.

A cet effet, j'ai exécuté l'essai suivant. Des volumes égaux de solution décime d'hyposulfite reçurent des quantités différentes de sulfate de cuivre; à chaque mélange on ajouta de l'acide chlorhydrique et de l'eau d'amidon, et ensuite de la solution décime normale d'iode jusqu'à l'apparition de la couleur bleue de l'iodure d'amidon.

Je trouvai ainsi que, *à la seule condition de pouvoir éviter la formation d'un précipité de* $\overset{\prime\prime}{Cu}_2 I_2$ *ou de* $\overset{\prime\prime}{Cu}_2 Rn_2$, les solutions d'hyposulfite et d'iode correspondaient parfaitement l'une à l'autre, soit que le sel de cuivre fût en quantité plus forte ou plus faible. J'ai même pu mêler 10 CC. d'hyposulfite avec 8 CC. de dissolution de sulfate de cuivre (= 80 milligrammes de sulfate cristallisé), 6 CC. d'acide chlorhydrique concentré et 400 CC. d'eau, puis titrer le mélange par la solution d'iode, sans qu'il se formât immédiatement un précipité, et dans ce cas j'ai vu qu'il fallait aussi précisément 10 CC. de solution d'iode pour donner naissance à la coloration bleue de l'iodure d'amidon.

Il résulte de là que, à la fin de l'essai, le sel cuivreux formé sous l'influence de l'hyposulfite est de nouveau transformé en sel cuivrique sous l'influence de l'iode, et que la coloration de l'amidon ne se produit pas avant que tout le sel de cuivre ne soit revenu à l'état primitif de combinaison cuivrique. Ceci est du reste en parfait accord avec le fait qu'une dissolution de chlorure cuivreux dans l'acide chlorhydrique décolore l'iodure d'amidon aussi longtemps qu'il ne se forme pas de précipité de $\overset{\prime\prime}{Cu}_2 J_2$ (phénomène qui peut être prévenu par l'addition d'une grande quantité d'acide chlorhydrique).

Quant au rhodanure de potassium, je n'ai également pu découvrir aucun effet nuisible résultant de sa présence.

Je vais donner maintenant les résultats de quelques analyses exécutées suivant la méthode modifiée.

La solution d'iode fut obtenue en dissolvant 12,6533 grammes J dans un litre d'eau [1]).

La force de la dissolution d'hyposulfite fut déterminée au moyen de cette liqueur iodifère.

Les dissolutions de rhodanure de potassium et de sulfate de cuivre contenaient 1 p. c. de sel cristallisé.

1e Série.

8.517 grammes de cordes de piano (99.7 p. c. Fe) furent dissous, en observant les précautions nécessaires, dans l'acide chlorhydrique additionné de KO_3Cl, et la liqueur fut amenée au volume de 1 litre. La dissolution d'hyposulfite avait une concentration telle qu'elle indiquait, par centimètre cube, 10.985 milligr. de fer.

Volume mesuré de dissolution ferrique.	Hyposulfite ajouté.	Jode ajouté.	Fe trouvé.	Fe calculé.
1) 25 CC.	20.0 CC.	0.7 CC.	0.2120 Gr.	0.2127 Gr.
2) 25 "	20.2 "	0.9 "	0.2120 "	0.2127 "
3) 50 "	39.0 "	0:35 "	0.4246 "	0.4254 "
4) 35 "	28.0 "	0.9 "	0.2977 "	0.2978 "
5) 20 "	16.7 "	1.2 "	0.1702 "	0.1702 "
6) 20 "	15.9 "	0.45 "	0.1697 "	0.1702 "

Un essai par la méthode de M. Mohr exigea pour 25 CC. de dissolution ferrique 19,4 C.C. Hyposulfite = 0,2131 gr. Fe.

2e Série.

13,719 grammes d'alun ferri-ammonique en grands cristaux, dissous dans 200 C.C. d'eau.

Dissolution d'hyposulfite à $\frac{1}{10}$ de titre normal.

---

[1]) Je dois faire observer que M. Mohr, dans la dernière édition de son Traité, continue à prendre pour le poids atomique de l'iode le nombre 127, au lieu du nombre 126.533 obtenu per M. Stas et, suivant toute probabilité, plus exact. Il est clair qu'en employant de l'hyposulfite dont le titre a été déterminé au moyen de l'iode, on doit commettre des erreurs de 0.4 p. c., si l'on part du premier nombre et que le second représente la valeur réelle.

Volume mesuré de dissolution ferrique.	Sel cuivrique ajouté.	Acide chlorh. ajouté.	Rhodan. de pot. ajouté.	Hyposulfite ajouté.	Jode ajouté.	Fe trouvé.	Fe calculé.
1) 25 C.C.	3 C.C.	1 C.C.	1 C.C.	37.6 C.C.	0.9 C.C.	0.2022 Gr.	0.1993 Gr.
2) 25 "	3 "	3 "	½ "	36.1 "	0.45 "	0.1996 "	0.1993 "
3) 25 "	3 "	5 "	½ "	37.1 "	1.5 "	0.1994 "	0.1993 "
4) 25 "	6 "	1 "	½ "	35.8 "	0.3 "	0 1988 "	0.1993 "
5) 25 "	12 "	1 "	½ "	36.2 "	0.6 "	0.1994 "	0.1993 "
6) 25 "	6 "	1 "	¼ "	36.2 "	0.6 "	0.1994 "	0.1993 "
7) 1 " (150 C.C. eau)	4 "	1 "	1 "	2.0 "	0.6 "	0.9978 "	0.0079 "
8) 1 " (500 C.C. eau)	6 "	1 "	1 "	.0 "	1 4 "	0.0099 "	0.0079 "

A l'essai n°. 6 on avait ajouté ½ gramme de sulfate de nickel et ½ gramme de sulfate de cobalt.

3e Série.

0,9548 gramme de cordes de piano (99,7 Fe) dissous dans l'acide chlorhydrique avec KO_3 Cl et amenés à 200 C.C.

Volume mesuré de dissolution ferrique.	Sel cuivrique ajouté	Acide chlorh. ajouté.	Rhodan. de pot. ajouté.	Hyposulfite ajouté.	Jode ajouté.	Fe trouvé.	Fe calculé.
1) 25 C.C.	3 C.C.	1 C.C.	½ C.C.	22.0 C.C.	0.6 C.C.	0.1198 Gr.	0.1190 Gr.
2) 50 "	3 "	1 "	½ "	42.6 "	0.45 "	0.2360 "	0.2380 "
3) 50 "	3 "	1 "	½ "	43.4 "	0.8 "	0.2386 "	0.2380 "
4) 45 "	3 "	1 "	½ "	39.0 "	0.8 "	0.2139 "	0.2142 "

4e Série.

Essais sur des portions séparées d'alun ferri-ammonique. (Le même produit que ci-dessus).

A chaque essai ajouté 3 C.C. de sel de cuivre, 1 C.C d'acide chlorhydrique, ½ C.C. de rhodanure de potassium.

Poids d'alun ferri-ammonique.	Hyposulfite ajouté. $^1/_{10}$ N.	Jode ajouté. $^1/_{10}$ N.	Fe trouvé.	Fe calculé.
1) 1.4419 gram.	30.1 C.C.	0.2 C.C.	0.1674 Gr.	0.1675 Gr.
2) 2.1748 "	45.7 "	0.4 "	0.2537 "	0.2527 "
3) 3.0812 "	64.4 "	0.6 "	0.3573 "	0.3580 "
4) 2.3524 "	49.1 "	0.5 "	0.2721 "	0.2734 "
5) 2.0420 "	43.0 "	0.8 "	0.2363 "	0.2373 "
6) 1.6960 "	35.4 "	0.2 "	0.1971 "	0.1971 "
7. 2.8841 "	61.0 "	0.9 "	0.3366 "	0.3351 "

QUELQUES OBSERVATIONS

DE

PARTHÉNOGENÈSE CHEZ LES LÉPIDOPTÈRES,

PAR

H. WEIJENBERGH Jr.

A l'automne de 1866, je trouvai sur une clôture en bois de mon jardin, à Harlem, deux individus de *Liparis dispar* L. en copulation, et quelques jours après je vis au même endroit un petit tas d'œufs (environ 500) de ce papillon. La femelle de cette espèce, n'étant pas apte à voler, ne s'éloigne pendant toute sa vie que très peu de l'endroit où elle est sortie de la chrysalide; par des battements d'ailes et par d'autres moyens, dont on ne connaît pas encore au juste la nature (Voy. Snellen van Vollenhoven, *Gelede dieren van Nederland*, p. 102), elle attire le mâle près d'elle, et, après un accouplement assez prolongé, elle pond une multitude d'œufs, rassemblés ordinairement en un seul tas,

sur un mur, un tronc d'arbre etc., là où les jeunes pourront trouver leur nourriture à proximité. La femelle recouvre les œufs du duvet de son abdomen, pour les garantir du froid de l'hiver, et, au printemps suivant, ces œufs éclosent.

Je formai le projet d'élever les larves qui proviendraient des œufs trouvés dans mon jardin, et de faire avec cette couvée, sur une grande échelle, une étude de la parthénogenèse de cette espèce. La parthénogenèse est, comme l'on sait, la production par un individu-mère, sans accouplement préalable, d'œufs doués de vitalité, ou de jeunes vivants [1]). Pour ne pas hâter l'éclosion des œufs et la faire arriver à une époque où la nourriture manquerait encore, je les laissai à l'air libre pendant tout l'hiver et ne les portai à l'interieur de la maison qu'au commencement d'avril 1867.

Dans la seconde moitié de ce mois les larves sortirent successivement. Je leur donnai leur nourriture habituelle, savoir des feuilles de saule et de poirier; mais elles mangeaient presque avec la même avidité des feuilles de tilleul et d'autres arbres; cette espèce est, pour ainsi dire, omnivore. Le terme de la croissance était atteint dans la première quinzaine de juin, et vers le milieu de juillet apparurent les papillons. Comme il est facile, avec un peu d'habitude, de distinguer les sexes dès l'état de chenille, j'avais enlevé, avant leur transformation en chrysalides, tous les individus mâles; quant aux chrysalides femelles, après les avoir encore une fois examinées, pour voir s'il ne s'y cachait pas de mâle, je les avais placées dans une caisse parfaitement fermée. Je reconnus plus tard que je n'avais commis qu'une seule erreur dans ce triage; un jour, en effet, je trouvai dans la caisse un papillon mâle qui venait de quitter son enveloppe. Comme toutes les femelles, au fur et à mesure de leur apparition, avaient été transportées immédiatement dans une autre caisse, également bien fermée, j'étais sûr qu'aucune ne pouvait être fécondée, à l'exception, tout au plus, de trois femelles qui étaient sorties en

---

[1]) Voy. v. Siebold. *Wahre Parthenogenesis bei Schmetterlinge und Bienen*, Leipzig, 1856.

même temps que le mâle dont je viens de parler; ces trois femelles furent sacrifiées. En tout, j'avais obtenu 150 insectes parfaits, dont 65 femelles. A l'égard des 60 femelles que je conservai dans la caisse, il ne me restait aucun doute; pour elles, la possibilité d'accouplement n'avait pas existé.

Il arrive fréquemment que des insectes femelles, qui n'ont pas reçu le mâle, pondent des œufs; mais, en général, ces œufs sont privés de la faculté de se développer, ils ne renferment pas de germe viable; aussi finissent-ils ordinairement par se rider et se dessécher complétement. L'éclosion de pareils œufs, c'est-à-dire l'existence d'une véritable parthénogenèse, est encore au nombre des faits rarement observés. Mes femelles vierges de L. dispar pondirent également des œufs, les unes plus, les autres moins, et le printemps suivant devait les voir éclore ou se dessécher.

La privation d'accouplement paraît exercer une influence déprimante sur l'émission des œufs, car mes 60 femelles vierges pondirent ensemble à peine autant d'œufs que leur mère fécondée en avait donné à elle seule, l'année précédente. Les œufs étaient bien contenus en même quantité dans les ovaires, mais il n'étaient pas expulsés. Un tiers des papillons ne pondit pas d'œufs du tout; des 40 autres, la plupart ne donnèrent que 1, 2 ou 3 œufs, quelques-uns 10 à 20, et celui qui en pondit le plus n'atteignit que le quart environ du nombre qu'avait fourni sa mère. A la fin de juillet tous les papillons étaient déjà morts.

Les œufs recueillis furent mis tous ensemble dans une boîte de carton. Pendant l'automne ils n'éprouvèrent aucun changement (bien que cette espèce donne parfois deux génération en une année); mais lorsque, le 13 avril 1868, j'ouvris de nouveau la boîte pour la première fois, j'eus la surprise d'y voir ramper un grand nombre de petites chenilles, que je plaçai immédiatement sur des feuilles de saule dans un bocal de verre. Il fut facile de constater toutefois, que les œufs et les larves ainsi obtenus par parthénogenèse avaient une vitalité moins énergique que dans le cas ordinaire, où la fécondation a eu lieu. En effet, je n'obtins que 50 chenilles environ, dont 40 seulement survécurent à la

première mue. Au total, cette éducation ne me donna, à la fin de juillet, que 27 papillons, dont 14 étaient des femelles. La moitié seulement de ces femelles, restées de nouveau sans fécondation, donna des œufs, en nombre moyen. Ces œufs, pondus au mois d'août, passèrent l'hiver, et en avril 1869 il en sortit de jeunes chenilles.

Cette couvée parut être de nouveau plus forte que la précédente: aussi bien les chenilles obtenues, que les papillons qui en provinrent, étaient en plus grand nombre que l'année d'auparavant. Dans la proportion entre le nombre des femelles et celui des mâles je ne trouvai pas de différence. La récolte d'œufs fut plus abondante que celles des deux générations antérieures obtenues par parthénogenèse; quelques papillons pondirent même autant d'œufs que la femelle de 1866, leur bisaïeule.

Ces œufs passèrent l'hiver au même endroit et dans les mêmes conditions que ceux des années précédentes; mais, au printemps de 1870, j'attendis en vain l'apparition des jeunes chenilles. Les œufs se desséchèrent, pas un seul ne vint à éclosion, et il était ainsi mis fin à mon expérience.

En résumé, le résultat a été celui-ci: œufs fécondés de l'automne de 1866, éclos en avril 1867, papillons en août 1867; de ceux-ci, sans fécondation, œufs éclos en avril 1868, papillons en août 1868; de ceux-ci, sans fécondation, œufs éclos en avril 1869, papillons en août 1869; de ceux-ci. sans fécondation, œufs *non* éclos au printemps de 1870, mais desséchés.

Les observations de parthénogenèse chez les Lépidoptères sont encore assez peu nombreuses; voici la liste de celles qui me sont connues:

Sphinx ligustri L., 1 fois (Treviranus).

Smerinthus populi L., 4 fois (v. Nordmann, Brown, Newnham, Kipp).

Smerinthus ocellatus L., 1 fois (Johnston).

Euprepia caja L., 5 fois (Brown, Lehocq, Robinson, Schlapp, Barthelemy).

Euprepia villica L., 1 fois (Stowell).
Saturnia polyphemus, 2 fois (Curtis, de Filippi).
Gastropacha pini L., 3 fois (Scopoli, Suckow, Lacordaire).
Gastropacha quercifolia L., 1 fois (Basler).
Gastropacha potatoria L., 1 fois (Burmeister).
Gastropacha quercus L., 1 fois (Plieninger).
Liparis dispar L., 2 fois (Carlier, Tardy).
Liparis ochropoda, 1 fois (Popoff.).
Orgyia pudibunda, 1 fois (Werneburg).
Psyche apiformis, 1 fois (Rossi).
Bombyx mori L., bien des fois (*v.* v. Siebold *l. c.*)

Il y a peu de remarques à faire au sujet de ces observations; toutes ont fourni aussi bien des femelles que des mâles, ordinairement dans la proportion de 2 à 3. M. Westwood, qui rapporte l'observation de M. Tardy sur le *Liparis dispar* L., ajoute seulement que cet observateur a poursuivi la parthénogenèse jusque dans la troisième génération, et qu'alors il n'a plus obtenu que des mâles. L'observation de M. Tardy diffère donc sous un rapport essentiel de la mienne, quoique le résultat final ait été le même, savoir, l'extinction.

La parthénogenèse existe encore, comme mode très ordinaire de reproduction, chez les espèces suivantes de Lépidoptères:

Psyche helix v. Sieb. (mâles encore inconnus) (v. Siebold).
Solenobia lichenella L. (v. Siebold).
Solenobia triquetrella F R. (v. Siebold, Weyenbergh, etc.).

De ces deux dernières espèces on connaît, il est vrai, les mâles; mais les individus nés par parthénogenèse sont tous, et toujours, des femelles.

J'ai aussi à communiquer une observation à l'appui de la parthénogenèse chez le *Gastropacha potatoria* L.

Dans le courant de l'été de 1868, je recueillis une chenille de cette espèce, qui, à en juger par la taille, me parut être une femelle; cette présomption se trouva effectivement confirmée

lors de la métamorphose, qui eut lieu en automne. L'insecte, tenu dans une boîte bien fermée, à l'abri de tout rapprochement avec un mâle, n'en donna pas moins des œufs, mais en petit nombre, tout au plus une trentaine. La boîte, dans laquelle j'avais déposé aussi une annotation concernant l'origine des œufs, s'égara, et ce ne fut qu'à la fin du mois de mai de l'année suivante qu'elle me tomba de nouveau sous la main. Je reconnus alors que trois œufs seulement étaient éclos, tous les autres se montraient desséchés. Malheureusement, les trois petites chenilles étaient déjà mortes d'inanition.

Dans l'automne de la même année, je trouvai une chrysalide de *Liparis monacha* L., qui me donna un papillon femelle. Ce papillon pondit aussi quelques œufs (cinq), mais dont aucun n'est venu à éclosion. Chez cette espèce, très voisine de *Liparis dispar* L., la parthénogenèse n'est donc pas encore constatée.

J'ai fait connaître ailleurs (*Nederlandsch Tijdschrift voor Entomologie*, t. XI, p. 90, 1868) une observation relative à la parthénogenèse chez le *Solenobia triquetrella* F R., observation que je reproduis ici brièvement.

Il est généralement connu que cette espèce, outre le mode de reproduction ordinaire, présente aussi la multiplication par voie de parthénogenèse. J'ai été à même de vérifier les observations déjà faites à cet égard.

Les individus sur lesquels j'ai expérimenté, développés au commencement de juin, et tous du sexe femelle, ne vécurent qu'une couple de jours, et laissèrent alors le sac qui leur avait servi de demeure rempli d'œufs. Ces œufs, assez grands proportionnellement à la taille de l'insecte, étaient de forme ovale et de couleur jaune. Environ un mois après que les œufs eurent été pondus, les jeunes chenilles sortirent du sac, et s'entourèrent

immédiatement d'une petite poche construite avec des filaments détachés du sac maternel. Ces jeunes chenilles, qui avaient environ 1 millimètre de longueur, étaient d'une couleur blanc sale; la tête seule était noire, et sur le dos des deux premiers anneaux on voyait une trace noire nébuleuse. L'éclosion des œufs eut lieu régulièrement le matin. Je réussis à élever les chenilles avec différentes espèces d'herbes, mais leur croissance fut extrêmement lente. L'année suivante apparurent les insectes parfaits, tous du sexe femelle, et l'espèce se propagea de nouveau de la même manière. Le génération qui suivit se composait encore exclusivement de femelles, dont les œufs non fécondés donnèrent de nouveau naissance à des chenilles; mais celles-ci périrent par négligence de ma part.

J'avais donc acquis la certitude que trois générations successives s'étaient produites par parthénogenèse, et que les deux premières n'avaient fourni que des femelles.

Il y aurait de l'intérêt à continuer l'éducation de ces insectes pendant une série d'années, pour tâcher d'obtenir une réponse aux questions suivantes:

Pendant combien de générations l'espèce peut-elle se reproduire par parthénogenèse, et à quelle génération la fécondation ordinaire par le mâle devient-elle nécessaire pour prévenir l'extinction de l'espèce? Apparaît-il finalement une génération qui fournit d'elle-même des mâles, et, en cas d'affirmative, à quel terme de la série ce phénomène se manifeste-t-il? Ou bien, les œufs issus d'une vierge ne donnent-ils toujours naissance, de génération en génération, qu'à des femelles? Comment ce fait, supposé reconnu, pourrait-il s'expliquer, alors que chez les Abeilles les œufs non fécondés produisent, tout à l'inverse, exlusivement des mâles, et que chez les autres Lépidoptères où l'on a observé la parthénogenèse, les œufs non fécondés donnent aussi bien des individus mâles que des individus femelles?

SUR L'ORIGINE

ET LE

DÉVELOPPEMENT DU PERIPHYLLUS TESTUDO v. d. H.,

PAR

C. RITSEMA Cz.

(Présenté à l'Académie des sciences d'Amsterdam, dans sa séance du 29 Janv. 1870).

Dans le tome sixième (année 1863) du *Nederlandsch Tijdschrift voor Entomologie*, le professeur J. van der Hoeven fixa l'attention sur un petit Hémiptère qu'on trouve en abondance sur les feuilles de l'*Acer campestris* et de l'*Acer Pseudo-platanus*, et il le désigna sous le nom de *Periphyllus Testudo.*

Cet insecte avait été observé en 1852 par M. J. Thornton, qui lui avait donné le nom de *Phyllophorus testudinatus* et le considérait comme la larve d'une nouvelle espèce d'Aphide, pour laquelle on serait même obligé probablement de créer un genre nouveau [1]. Plus tard (1858) M. Lane Clarke parla de ce même animalcule sous le nom de *Chelymorpha phyllophora*, et le regarda comme la larve d'une espèce intermédiaire entre les genres *Aphis* et *Coccus* [2]. Ces deux auteurs ne firent toutefois à son sujet qu'une communication très courte. Il fut ensuite figuré et décrit avec plus de détails sous le nom de *Periphyllus Testudo* [3], par van

---

[1]) Voyez: *Transactions of the Entomological Society*, 1852, nouv. série, t. II, *Proceedings*, p. 78.

[2]) Voyez: *Objects for the Microscope, being a popular description of the most instructive and beautiful subjects for exhibition*, par L. Lane Clarke, Londres, 1858; en 1863 il a paru une seconde édition de ce petit ouvrage.

[3]) Van der Hoeven, en rejetant les noms génériques imaginés par MM. Thornton et Lane Clarke, donne pour motif que ces noms avaient déjà été employés antérieurement: celui de *Phyllophora* avait été appliqué successivement à un genre de Crustacés, de Coléoptères, d'Orthoptères et de Diptères, tandis que, dès 1834, M. Chevrolat avait érigé un genre *Chelymorpha* dans l'ordre des Coléoptères. Il est plus difficile de savoir pourquoi van der Hoeven changea le nom spécifique de *testudinatus*, donné par M. Thornton, en celui de *Testudo*, et je crois même qu'il n'existait pas de raison pour faire ce changement. Tontefois, comme on a désigné ici sous un nom spécial ce qui n'est qu'une forme larvaire d'un

der Hoeven (*l. c.*). Ce zoologiste le regarda comme appartenant aux Hémiptères homoptères, mais n'osa décider s'il fallait le rapporter aux Aphides ou aux Coccides, tout en étant d'avis qu'on pouvait difficilement le réunir aux premières.

Ce n'est qu'en 1867 qu'on apprit quelque chose concernant l'origine de cet élégant insecte, grâce à une communication adressée par MM. Balbiani et Signoret à l'Académie des Siences de Paris, sous le titre de „Note sur le développement du Puceron brun de l'Érable" (*Comptes rendus*, 17 Juin 1867) [1]). Le résultat des recherches de ces deux savants est que le *Periphyllus Testudo* v. d. H, loin de constituer une espèce distincte ou même un genre nouveau, n'est autre chose qu'une forme anormale, stérile de l'*Aphis Aceris* L., forme provenant d'individus identiques à ceux qui donnent naissance à des larves normales, aptes à se développer et à se reproduire; quelquefois même, les auteurs ont pu s'assurer qu'une seule et même mère engendrait les deux formes. D'après eux, on ne peut considérer les *Periphyllus* que comme une modification constante du type spécifique, produite par les générations normales. Ils font remarquer, en terminant, l'application qu'on pourrait faire au cas actuel des observations de M. Landois sur la loi du développement sexuel des insectes [2]), loi qui nous apprend que chez ces animaux les sexes dépendent simplement des conditions d'alimentation auxquelles les larves sont soumises. De ce que les Pucerons anormaux (les *Periphyllus*) sont actuellement dépourvus de la faculté de se reproduire, soit par génération sexuelle, soit de toute autre manière, il ne faudrait pas conclure que les conditions d'alimentation ne puissent se modifier un jour

---

insecte connu et décrit depuis longtemps, de sorte que ce nom est condamné à disparaître, j'ai cru devoir m'écarter des règles rigoureuses du droit de priorité et m'en tenir au nom proposé par van der Hoeven, plutôt que d'augmenter encore le nombre des synonymes.

[1]) Cette Note a été traduite en anglais dans; *The Annals and Magazine of Natural History*, 3e Sér., 1867, t. XX, p. 149—152, d'où elle a passé sans changement, mais avec addition d'une figure du *Periphyllus Testudo*, dans Hardwicke's *Science-Gossip* du mois de septembre de la même année.

[2]) Voyez: *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 févr. 1867.

de manière à leur faire acquérir, avec les attributs du sexe, la faculté de se propager directement d'une manière indéfinie; ces individus anormaux deviendraient alors à leur tour l'origine d'une espèce nouvelle, produite par déviation d'un type spécifique antérieur.

Au printemps de 1867, n'ayant pas encore connaissance des recherches qui viennent d'être résumées, j'avais fait moi-même quelques observations sur ce sujet. Ce sont les résultats de ces observations, répétées et complétées en 1869, que je vais faire connaître.

Dès les premiers jours de février, je remarquai sur un petit pied d'*Acer Pseudo-platanus* L. de jeunes larves d'une espèce de Pucerons, et, en examinant une branche de plus près, je découvris aussi sur l'écorce, principalement à l'aisselle et à la base des bourgeons, les petits œufs noirs, brillants et de forme ovale, d'où ces larves sortaient.

Ces larves étaient longues d'environ 0.5 mm., et d'une couleur vert foncé, presque noire. Après avoir mué cinq fois, elles étaient parvenues dans les derniers jours de mars à l'état de nourrices non ailées, longues de près de 3 mm., fortement renflées, vert foncé ou brunes, lesquelles ne tardèrent pas à donner naissance à des larves vert clair, qui elles-mêmes atteignirent leur développement complet dans la seconde moitié d'avril, après avoir subi quatre mues seulement. Dans cet état, quelques-unes étaient ailées, d'autres aptères.

Dès la première génération, à l'aide des „Descriptions of Aphides" de M. Walker, insérées dans *The Annals and Magazine of Natural History*, 2e Série, t. I et suiv., j'avais pu déterminer l'espèce et y reconnaître l'*Aphis Aceris* L., détermination qui se trouva confirmée par la comparaison des individus ailés de la seconde génération avec la description que MM. Kaltenbach et Koch ont donnée de cette espèce.

Après que les nourrices de la seconde génération eurent produit beaucoup de jeunes qui ressemblaient exactement au premier âge de leurs méres, je vis naître, conformément aux observations de MM. Balbiani et Signoret, des individus dans lesquels je reconnus

immédiatement le *Periphyllus Testudo*. Les larves ordinaires continuèrent à se développer, et étaient devenues vers la fin de mai des nourrices, les unes pourvues, les autres privées d'ailes, tandis que les *Periphyllus* n'avaient subi aucun changement.

La troisième génération engendra à son tour, d'abord des larves ordinaires, et ensuite des *Periphyllus*, ces derniers toutefois en plus grand nombre que dans la génération précédente. Mais ce qui me surprit particulièrement, ce fut de trouver parmi ces larves des individus qui établissaient évidemment une transition entre les deux formes, celle des larves ordinaires et celle des *Periphyllus*; chez ces individus, en effet, les appendices foliacés étaient moins nombreux, avaient une forme lancéolée plus étroite, et parfois même constituaient un passage aux poils ordinaires. Aucune de ces formes intermédiaires ne montrait les dessins réguliers qui ornent le dos des *Periphyllus*, mais toutes possédaient les deux rangées de tubercules garnis de soies et les deux tuyaux mellifères, qu'on trouve sur la face dorsale des larves ordinaires, mais qui manquent chez les *Periphyllus*. Ces individus avancèrent en développement, et après la première mue ils étaient tout à fait semblables aux larves ordinaires.

Les membres de cette quatrième génération, à l'exception des *Periphyllus*, étaient devenus dans les derniers jours de mai des nourrices adultes, et commencèrent dès lors à se reproduire; mais, à l'inverse des deux générations précédentes, qui avaient fourni d'abord des larves ordinaires et ensuite des *Periphyllus*, les membres de la quatrième génération donnèrent d'abord une multitude de *Periphyllus*, puis quelques formes intermédiaires, et finalement un nombre comparativement petit de larves ordinaires.

Malheureusement, par suite d'une négligence de ma part, ces larves moururent, de sorte que je ne pus acquérir de certitude au sujet d'une présomption qui s'était formée dans mon esprit, savoir, que les nourrices de cette cinquième génération se reproduiraient uniquement par des *Periphyllus*.

Je continuai néanmoins à observer attentivement les *Periphyllus* des différentes générations. Jusqu'aux derniers jours d'août je ne

pus remarquer chez eux aucun changement appréciable. Mais, à ce moment, leur corps devint plus gros et commença à laisser apercevoir faiblement, aux deux côtés du dos, un contenu opaque. Un peu plus tard, dans les premiers jours de septembre, je trouvai des *Periphyllus* occupés à changer de peau.

Après cette première mue ils ressemblaient déjà parfaitement au second âge des larves ordinaires, et moins de quinze jours après ils avaient atteint leur développement complet, état dans lequel tous étaient aptères. Ces nourrices commencèrent immédiatement à se reproduire par des larves ordinaires d'un jaune pâle, qui elles-mêmes changèrent de peau pour la dernière fois à la fin de septembre, et restèrent privées d'ailes comme leurs mères. Les larves qui provinrent de ces nourrices ressemblaient à peu près à celles de la génération précédente, et avant même le milieu d'octobre elles se changèrent en insectes parfaits, ailés, mâles et femelles; ceux-ci s'accouplèrent aussitôt, après quoi les femelles pondirent environ huit œufs d'un jaune brunâtre, qu'elles fixèrent sur l'écorce du petit Érable. Ces œufs devinrent peu à peu complétement noirs; au commencement de février 1870 il en sortira de nouveau la première génération de l'*Aphis Aceris* L.

Arrivé à la fin de ma communication, je résumerai brièvement les résultats qui se déduisent de mes recherches. Il a été constaté :

1°. Que le *Periphyllus Testudo* v. d. H. n'est pas une espèce distincte, mais le premier âge d'une forme larvaire spéciale de l'*Aphis Aceris* L.

2°. Que cette forme de larve n'est pas, comme on l'avait cru jusqu'ici, inapte à tout développement ultérieur, mais qu'elle est seulement soumise, dans son premier âge, à un arrêt de développement prolongé, ce qui restreint considérablement la multiplication de l'espèce.

3°. Qu'elle est engendrée seulement par les générations qui comprennent à la fois des individus ailés et des individus aptères.

4°. Qu'elle naît aussi bien des nourrices ailées que de celles qui n'ont pas d'ailes, conjointement avec les larves ordinaires, à développement rapide, et avec des individus qui forment le passage de l'une aux autres.

5°. Que, dans les générations successives, les *Periphyllus* deviennent chaque fois plus abondants, tandis que le nombre des larves ordinaires diminue de plus en plus, de telle sorte que la quatrième génération (c'est-à-dire la troisième de celles qui produisent des *Periphyllus*) ne donne plus que très peu de larves normales. Je crois pouvoir inférer de là que la cinquième génération, qui à mon grand regret a péri dans mes expériences, engendre seulement des *Periphyllus*. Si tel est effectivement le cas, il en résulte un obstacle puissant à la multiplication excessive de l'espèce dans le courant de l'été.

EXTRAIT D'UN RAPPORT
SUR LA PURIFICATION DE L'AIR DES HÔPITAUX PAR LA COMBUSTION DES GERMES ORGANIQUES,

PAR

J. VAN GEUNS et E. H. VON BAUMHAUER.

M. le Ministre de l'Intérieur du royaume des Pays-Bas ayant consulté l'Académie des Sciences au sujet d'une communication de M. C. Woestyn, de Paris, qui proposait de purifier l'air des salles d'hôpitaux par la combustion des germes organiques avant de le rejeter dans l'atmosphère, l'Académie avait chargé deux de ses membres de lui adresser un rapport sur ce projet.

Ce rapport a été présenté à l'Académie dans sa séance du 29 avril 1870; nous en extrayons les passages suivants.

Il y a ici deux choses à distinguer:

1°. les questions qui se rattachent immédiatement au principe en général;

2°. les résultats qu'on peut attendre de l'application.

1°. Quelque plausible que paraisse l'opinion qui voit dans les germes organiques la cause de l'infection, ce n'est pourtant jusqu'ici qu'une hypothèse; en l'admettant sous cette réserve, resterait encore à résoudre la question de savoir si l'appareil de M. Woestyn détruira complétement les propriétés vitales de ces germes.

Le passage de l'air dans des cheminées d'appel disposées comme le recommande M. Woestyn, ne peut être mis, quant à l'effet produit, sur la même ligne que le passage à travers des tubes chauffés au rouge, selon la méthode usitée par les chimistes et les physiologistes. Le fait rapporté par M. Woestyn, que l'air qui s'échappe de la cheminée d'une lampe en combustion est privé de particules organiques, peut difficilement être regardé comme bien concluant en faveur du moyen qu'il propose; il est permis au contraire de conserver des doutes relativement à l'efficacité de ce moyen pour la destruction totale des miasmes.

En tout cas, l'auteur n'a pas jugé à propos de fournir la preuve expérimentale qui pourrait sembler nécessaire.

2°. M. Woestyn paraît attacher une grande importance à ce que l'air des salles de malades soit purifié avant d'être versé dans l'atmosphère. Si l'expérience avait mis hors de doute les effets nuisibles de ce mélange, il y aurait certainement un grand intérêt à opérer la purification de l'air vicié. Mais nos connaissances positives ne permettent encore de rien affirmer à cet égard; il ne serait même pas difficile de citer une série de faits rendant extrêmement problématique l'existence de cette infection répandue dans l'air qui émane des hôpitaux et s'étendant avec lui sur tout ou partie de la ville. C'est ainsi, par exemple, qu'à Amsterdam, où l'hôpital intérieur est entouré de différents côtés de maisons particulières, on n'a jamais constaté, que nous sachions, d'influence fâcheuse exercée sur les habitants de ces maisons. Nous ne prétendons pas, toutefois, qu'à un point de vue hygiénique général, il ne soit prudent de débarrasser l'air des salles de malades des matières nuisibles qu'il peut contenir. Si l'on croit devoir combattre par la destruction des germes la

propagation des maladies miasmatiques ou contagieuses, la première condition est évidemment d'employer des procédés offrant la garantie que le but sera atteint aussi complétement que possible. Ce qui se présente alors en premier lieu, c'est la désinfection à l'intérieur des salles, non-seulement de l'air, mais de tout ce qui s'y trouve, des objets de pansement, des effets d'habillement et, avant tout, des déjections.

On doit donc continuer à attacher une importance prépondérante aux agents de désinfection proprement dits, tels que l'acide phénique, le chlorure de chaux, le sulfate de protoxyde de fer, etc.

Accessoirement, on pourra alors s'occuper de la purification de l'air à sa sortie des salles. Mais, pour cet objet, la méthode de M. Woestyn se recommande-t-elle bien spécialement?

Il résulte déjà de ce qui précède que cette méthode ne contient rien de neuf; mais, en outre, nous croyons pouvoir dire que le système est encore très incomplet et que, comparé à d'autres dispositions du même genre, il leur est évidemment inférieur. Il y a environ dix ans, nous avons établi dans une des salles de l'hôpital intérieur d'Amsterdam un système de chauffage et de ventilation qui satisfait dans une plus large mesure aux exigences de la purification de l'air. Non-seulement il y a un appareil de ventilation pour entraîner l'air par une cheminée d'appel, mais les poêles à gaz sont construits de telle sorte que l'air frais du dehors vient d'abord s'échauffer à leur contact avant de se répandre dans la salle. En outre, l'air qui quitte la salle traverse également le poêle; au moyen d'une disposition particulière, cet air est d'abord mélangé avec le gaz destiné à la combustion, lequel s'allume ensuite au-dessus d'une grille de gaze métallique; de cette manière, il n'y a aucun danger que quelques-unes des molécules organiques de l'air vicié échappent à la combustion, ce qui n'est au contraire que trop à craindre dans le système de M. Woestyn.

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

SUR LA CONSTITUTION DE QUELQUES CARBURES D'HYDROGÈNE,

PAR

P. J. VAN KERCKHOFF.

(lu à l'Académie des sciences d'Amsterdam dans la séance du 19 Mars 1870).

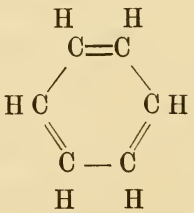
Les carbures d'hydrogène que je veux examiner, dans leurs rapports avec le benzol, sont: le styrol, la naphtaline et l'anthracène. Dans cette étude je partirai de la supposition qu'on regarde comme fixée la formule du benzol. Il est vrai qu'il règne encore des divergences à cet égard. Parmi les nombreuses formules de constitution qui ont été proposées, la formule de M. Kolbe est celle qui, en apparence, s'écarte le plus des autres; toutefois, elle peut y être ramenée, attendu que M. Kolbe lui-même attribue à ses radicaux substituants une valeur de combinaison ou valence. Bien qu'il s'efforce de repousser à l'arrière-plan la valence des atomes, il l'admet pourtant en réalité. En effet, lorsque le groupe CH_3 ou C_2H_5 etc. entre dans une combinaison en qualité de substituant, il prend la place de 1 atome H; de même CH_2, C_2H_4 etc. prennent la place de 2 atomes H, et CH, C_2H_2 etc. celle de 3 atomes H. Or, la valence de ces groupes ne peut guère être dérivée que de la quadrivalence de l'atome C et de l'univalence de l'atome H.

En ce sens, la théorie de M. Kolbe ne s'éloigne donc pas autant qu'on pourrait le croire de la manière de voir qui est le plus généralement adoptée.

M. Kolbe regarde chacun de ces groupes comme un seul tout, agissant comme tel; mais il ne s'explique pas au sujet de l'origine de leur valeur de substitution; or, ce n'est sans doute pas dans les atomes H, mais uniquement dans les atomes C, que cette origine doit être cherchée. Du reste, la différence d'opinion qui peut exister à l'égard de la constitution du benzol, n'a aucune importance dans le cas actuel. De quelque manière qu'on se représente l'union mutuelle des 6 atomes C et des 6 atomes H du benzol, il n'en reste pas moins certain que c'est une matière dans laquelle se trouvent 6 atomes H susceptibles de substitution, et où les atomes C sont unis en une chaîne fermée, dont quelques-uns des anneaux sont toujours liés entre eux par plus d'une valence. Après l'explication lumineuse donnée à ce sujet par M. Kekulé (*Ber. Ch. Ges.* 1869, p. 362), je crois qu'il est inutile d'entrer dans plus de développements sur la constitution du benzol, d'autant plus que c'est un point d'importance secondaire pour la considération du rapport qui existe entre cette matière et les trois substances nommées en commençant.

Néanmoins, pour se représenter le choses plus clairement, il est bon de s'appuyer sur une des formules de constitution qui ont été proposées pour le benzol; je choisis à cet effet la formule de M. Kekulé, qui, bien que non démontrée, a en sa faveur une grande probabilité.

Fig. 1.



Les trois carbures en question, le styrol, la naphtaline et l'anthracène, se distinguent, par de tout autres propriétés et une stabilité beaucoup plus grande sous l'action de la chaleur, de ceux des produits substitués du benzol où l'on trouve une ou plusieurs chaînes latérales, qui sont bien en rapport par le noyau

benzolique mais non liées directement entre elles; tel est par exemple le phényl-acétylène

$C_6H_5(C_2H)$ ou $C_2H(C_6H_5)$
Acétényl-benzol. Phényl-acétylène.

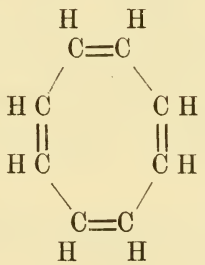
Glaser

dont il existe probablement un isomère, savoir:

$C_6H_4(C_2H_2)$ ou $C_2H_2(C_6H_4)$
Acétylène-benzol. Phénylène-acétylène.

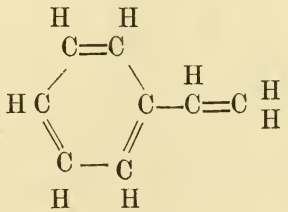
D'après la considération que le styrol peut être obtenu par synthèse (sans élimination de quelque autre produit) à l'aide du benzol et de l'acétylène, et aussi par simple condensation de 4 molécules d'acétylène, on serait conduit, si l'on s'en tenait exclusivement à ce point de vue, à regarder comme la formule de constitution la plus probable

Fig. 2.



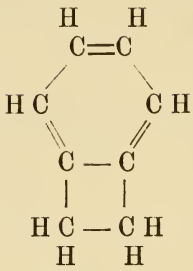
Mais le styrol se forme aussi, avec séparation de 2 atomes H, par l'action réciproque du benzol et de l'éthylène, et d'après cela il pourrait être représenté par

Fig. 3.



ou par

Fig. 4.



On sait déjà aujourd'hui, grâce à M. Berthelot, que le styrol, obtenu par des voies differentes, ne possède pas toujours les mêmes propriétés; il y a donc au moins deux modifications isomériques, et peut-être davantage.

Le styrol, en particulier, qui a été obtenu par M. Berthelot au moyen du benzol et de l'éthylène sous l'influence de la chaleur, et qui par l'action ultérieure de l'éthylène peut se changer en naphtaline, ce styrol, précisément parce qu'il se forme de cette maniére et parce qu'il peut donner naissance à la naphtaline, a pour formule de constitution la plus probable celle qui a été donnée en dernier lieu.

Dans cette constitution, l'anneau benzolique primitif est conservé, ce qui est d'accord avec l'apparition de combinaisons du benzol lorsque le styrol est attaqué par des agents énergiques donnant lieu à des produits de dédoublement.

A l'égard de la naphtaline, deux principales formules de constitution ont été proposées: la première par M. Erlenmeyer et ensuite par MM. Graebe et Liebermann, qui regardent cette matière comme formée de deux molécules de benzol réunies en un seul tout, avec élimination de C_2H_4; la seconde par M. Kolbe, qui, partant de l'hypothèse que le benzol est un tricarbol C_3H_{12}, dans lequel le groupe CH s'introduit trois fois à la place de 3 atomes H, fait ensuite dériver la naphtaline du benzol par la substitution de C_4H_5 aux trois autres atomes H.

A chacune de ces deux manières de voir on peut faire de graves objections.

Bien que la formule de MM. Graebe et Liebermann soit, en beaucoup de cas, assez bien d'accord avec les produits d'altération que la naphtaline fournit par l'oxydation ou par l'action du chlore, tels, par exemple, que le bichlornaphtaquinone et la pentachlornaphtaline, cette formule ne rend pas compte de la manière dont la naphtaline se déduit expérimentalement d'autres hydrogènes carbonés.

Elle n'offre d'ailleurs aucun avantage particulier pour expliquer la formation de l'acide phtalique.

La formule de M. Kolbe a une probabilité encore moindre, vu qu'elle ne donne pas d'explication simple des produits de dédoublement, et qu'elle laisse sans explication aucune la production de la naphtaline, telle qu'on l'observe expérimentalement.

En proposant ces formules de constitution, on a un peu trop perdu de vue les importantes recherches de M. Berthelot, dans lesquelles ce savant a réussi à produire les carbures d'hydrogène dont il est ici question, ainsi que beaucoup d'autres, au moyen de composés hydrogénés moins riches en carbone. M. Berthelot donne à ces actions, qui ont lieu à une température élevée, le nom de *condensation*. Toutefois, elles sont de deux genres différents : celles où un hydrogène carboné est polymérisé, c'est-à-dire où il se forme, par simple union et sans élimination d'une autre matière, un nouveau carbure, dont les atomes sont en nombre absolu plus grand mais du reste dans le même rapport; et celles où deux hydrogènes carbonés s'unissent en une combinaison plus élevée, avec élimination d'hydrogène.

De même qu'on emploie les produits de décomposition des corps comme données pour parvenir à la connaissance des formules de constitution, on peut, avec tout autant de droit, prendre la formation synthétique comme critérium propre à fixer cette constitution. C'est aussi ce qu'a fait M. Berthelot, mais d'une manière qui lui est propre. En effet, il néglige entièrement la valence des atomes élémentaires et le mode d'union qu'ils affectent

entre eux. Ses formules, bien que n'étant pas tout à fait empiriques, mais jusqu'à un certain point rationelles, sont pourtant plutôt synoptiques, et en tout cas elles ne donnent pas la constitution dans ses détails. Le plus souvent toutefois elles peuvent très bien, comme j'espère le montrer, être mises d'accord avec des formules de constitution.

Si nous fixons maintenant notre attention en premier lieu sur la manière dont le styrol a été obtenu par M. Berthelot, nous trouvons que la production la plus abondante de cette matière se fait aux dépens de molécules égales de benzol et d'éthylène, avec dégagement d'hydrogène, ce que M. Berthelot exprime par l'équation

$$C_6 H_6 + C_2 H_4 = C_6 H_4 (C_2 H_4) + H_2.$$

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer plus haut, cette équation, dans le cas actuel et en tenant compte de la formation de la naphtaline au moyen du benzol et de l'éthylène, paraît plus probable que la suivante

$$C_6 H_6 + C_2 H_4 = C_6 H_5 (C_2 H_3) + H_2,$$

qui servira peut-être pour un isomère du styrol.

D'une manière graphique, le styrol peut être représenté, en conformité avec l'opinion de M. Berthelot, par la Fig. 4.

Lorsque la production du styrol résulte de l'action réciproque du benzol et de l'acétylène, ce qui a aussi été réalisé par M. Berthelot, bien que plus difficilement, on doit admettre que l'acétylène, qui, comme on sait, s'annexe si facilement une molécule H, s'en empare aux dépens du benzol, et que l'éthylène ainsi formé sature immédiatement les deux valences devenues libres du benzol. On arrive alors à la même formule de constitution que ci-dessus.

Dans cette formule on suppose que l'union des deux molécules, avec ou sans élimination d'hydrogène, se fait de telle sorte que deux atomes C d'une des molécules entrent respectivement en rapport avec deux atomes C de l'autre molécule, et qu'il se forme par conséquent une double chaîne fermée. Si la combinaison s'effec-

tuait d'une autre manière, c'est-à-dire, si un atome C de la première molécule se liait à un atome C de la seconde, avec élimination d'hydrogène, on obtiendrait une chaîne fermée avec une chaîne latérale, et par conséquent une matière autrement constituée, isomère mais non identique, savoir $C_6 H_5 (C_2 H_3)$.

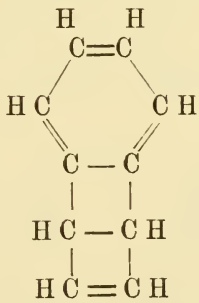
La manière dont le styrol se comporte sous l'influence des agents d'oxydation, tels que l'acide nitrique, conduit à regarder cette dernière constitution comme peu probable.

Revenons maintenant à la naphtaline. Elle a été produite par M. Berthelot en soumettant à l'action d'une température élevée un mélange, soit de styrol et d'éthylène, soit de benzol et d'éthylène, soit de styrol et d'acétylène :

$$C_6 H_4 (C_2 H_4) + C_2 H_4 = C_6 H_4 (C_2 H_2 [C_2 H_2]) + 2 H_2$$
$$C_6 H_6 + 2 C_2 H_4 = \quad " \quad + 3 H_2$$
$$C_6 H_4 (C_2 H_4) + C_2 H_2 = \quad " \quad + H_2.$$

On peut, d'après cela, admettre pour la naphtaline la constitution suivante

Fig. 5.



Une confirmation de cette manière de voir se trouve dans l'action de l'acide iodhydrique sur la naphtaline ; il en résulte différentes combinaisons plus hydrogénées, dont la formation se déduit très simplement de notre formule de constitution.

Un autre fait, qui non-seulement n'est pas en opposition avec elle, mais lui donne même un plus haut degré de probabilité,

c'est la présence de l'acide phtalique, à côté de l'acide oxalique, parmi les produits d'oxydation de la naphtaline.

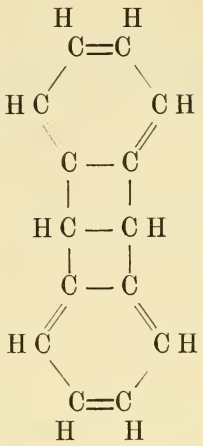
Si la vraie formule du styrol était $C_6 H_5 (C_2 H_3)$, il faudrait admettre pour la naphtaline la formule $C_6 H_4 \left\{ \begin{matrix} C_2 H_3 \\ C_2 H \end{matrix} \right.$, parce que cette matière prend naissance, avec élimination de 2 atomes H, par l'action de l'acétylène sur le styrol. — Mais une pareille constitution de la naphtaline offre bien peu de probabilité; elle représenterait un benzol avec deux chaînes latérales, qui donnerait des produits tout différents de ceux de la naphtaline, et qui n'aurait pas, à une température élevée, la stabilité propre, en général, aux carbures d'hydrogène constitués en chaînes fermées. En effet, des combinaisons benzoliques de ce genre, qui comprennent un ou plusieurs carbures d'hydrogène en chaînes latérales, sont ordinairement transformées par la chaleur en d'autres combinaisons, telles que la naphtaline, l'anthracène et le chrysène.

L'anthracène a été obtenu par M. Berthelot de différentes manières, par l'action d'une température élevée, 1°. sur un mélange de styrol et de benzol, 2°. sur un mélange de benzol et d'éthylène, 3°. sur un mélange de benzol et d'acétylène. L'auteur exprime ces réactions par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} 1\ C_6 H_6 + C_6 H_4 (C_2 H_4) &= C_{14} H_{10} + 2 H_2, \\ 2\ C_6 H_6 + C_2 H_4 &= C_{14} H_{10} + 3 H_2, \\ 2\ C_6 H_6 + C_2 H_2 &= C_{14} H_{10} + 2 H_2. \end{aligned}$$

Dans tous ces cas nous voyons l'anthracène naître de substances qui, ensemble, renferment au moins deux restes benzoliques $C_6 H_4$. Il y a donc de fortes raisons pour admettre dans l'anthracène deux de ces restes benzoliques. C'est ce qu'exprime la formule $C_6 H_4 (C_2 H_2 [C_6 H_4])$, qu'on peut aussi écrire $C_2 H_2 \left\{ \begin{matrix} C_6 H_4 \\ C_6 H_4 \end{matrix} \right.$. La constitution graphique devient alors

Fig. 6.



Cette constitution est en parfaite harmonie avec celles du styrol et de la naphtaline. Elle indique que la synthèse de l'anthracène, par l'action de la naphtaline sur le benzol, ne peut se faire sans élimination de carbone ou de carbures d'hydrogène; d'un autre côté, elle rend très bien compte des modes de production découverts par M. Berthelot. Elle n'est pas non plus en contradiction avec la dérivation de l'anthracène du chlorure de benzyle.

Elle diffère essentiellement de la constitution qui a été proposée pour l'anthracène par MM. Graebe et Liebermann, laquelle part de l'hypothèse que trois molécules de benzol sont unies en une chaîne triple, après élimination, non-seulement d'hydrogène, mais aussi de carbone. Elle ne suppose que deux anneaux benzoliques, reliés entre eux par l'intermédiaire du groupe C_2H_2, mais non pas directement, comme l'admettent MM. Graebe et Liebermann.

Cette constitution est-elle maintenant la plus probable pour tout hydrogène carboné de la formule empirique $C_{14}H_{10}$? A cette question on doit répondre négativement. On connaît en effet, d'après les recherches de M. Glaser, un phényl-acétylène dont la constitution est très probablement

$$C_6H_5 - C \equiv C - H,$$

et un di-acétényl-phényle

$$C_6 H_5 — C \equiv C — C \equiv C — C_6 H_5 ;$$

or, le premier de ces composés pourrait, par la substitution de $C_6 H_5$ à l'atome H, donner une combinaison

$$C_6 H_5 — C \equiv C — C_6 H_5 ,$$

qui aurait par conséquent aussi pour formule empirique $C_{14} H_{10}$, mais qui, si la formule que j'ai attribuée à l'anthracène d'après les expériences de M. Berthelot est exacte, serait isomère mais non identique avec cette dernière substance. Effectivement, le tolane, découvert par MM. Limpricht et Schwanert, qui répond à la formule $C_{14} H_{10}$ et présente des caractères (un point de fusion par exemple) tout autres que l'anthracène, peut être regardé comme possédant réellement la constitution écrite en dernier lieu, surtout quand on considère qu'il tire son origine du toluylène (stilbène) et qu'on tient compte de la constitution de ce corps ainsi que de celle du ditolyle.

Bien que les formules de constitution qui viennent d'être proposées soient fondées sur les importantes recherches de M. Berthelot et aient par conséquent la probabilité en leur faveur, il ne sera permis de les tenir pour vraies que lorsqu'une étude plus complète aura tranché la question. D'autres modes de synthèse devront être essayés, les produits de substitition et de dédoublement devront être analysés en détail, et en outre on aura à rechercher s'il n'existerait pas encore d'autres isomères de ces carbures d'hydrogène.

Si l'on réussit à isoler le carbure $C_4 H_4$, le diacétylène, ce que les expériences de M. Berthelot et les considérations théoriques de M. Limpricht donnent lieu d'espérer, il sera possible de trouver dans les résultats de l'action de $C_4 H_4$ sur le benzol, etc., des arguments pour ou contre la constitution proposée.

En terminant, je ferai remarquer que des carbures des formules $C_{10} H_8$, $C_{14} H_{10}$, $C_{18} H_{12}$ (chrysène) pourraient consister en une chaîne fermée unique.

Ces carbures seraient alors dans un rapport intime avec des polymères plus condensés de l'acétylène, et ils se déduiraient de

ceux-ci par élimination d'hydrogène et établissement d'une liaison double entre certains atomes C.

Dans le benzol, d'après M. Kekulé, la liaison entre les atomes C successifs est alternativement double ou simple, et par conséquent représentée par les chiffres 2. 1. 2. 1. 2. 1. Si la même chose existait dans les polymères plus élevés de l'acétylène, $C_{10}H_{10}$ donnerait naissance à $C_{10}H_8$ par l'élimination de 2 atomes H, en même temps que deux atomes C, unis jusqu'alors par un lien simple, contracteraient une liaison double.

La liaison

2. 1. 2. 1. 2. 1. 2. 1. 2. 1. de $C_{10}H_{10}$

deviendrait alors

2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1

au
lieu de 1.

De la même manière, $C_{14}H_{14}$, venant à perdre deux fois H_2, donnerait naissance à $C_{14}H_{10}$, où les liaisons mutuelles des atomes C seraient exprimées par le schéma suivant

2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1

au lieu de 1. au lieu de 1.

Ainsi encore, au nonacétylène $C_{18}H_{18}$ pourrait se rattacher génétiquement le chrysène $C_{18}H_{12}$, dont les atomes C seraient liés entre eux conformément au schéma

2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1. 2. 1. 2. 2. 2. 1.

au lieu de 1. au lieu de 1. au lieu de 1.

QUELQUES ESSAIS

CONCERNANT LE

TITRAGE DES ALCALOÏDES DU QUINQUINA,

PAR

P. J. VAN KERCKHOFF.

(lu à l'Académie des Sciences d'Amsterdam dans sa séance du 30 janv. 1869.)

Ce n'est pas mon intention de parler des nombreuses méthodes qui ont été proposées pour le dosage des alcaloïdes en général ou pour celui des alcaloïdes des écorces de quinquina en particulier. La plupart de ces méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients spéciaux. Je ne m'occuperai que d'un seul point, celui de savoir s'il existe pour les alcaloïdes du quinquina une bonne méthode de titrage.

C'est à MM. Glénard et Guillermond que nous devons le premier procédé de détermination, par voie de titrage, de la quinine de l'écorce de quinquina. La méthode qu'ils ont décrite est en effet très simple [1]). Elle consiste à pulvériser l'écorce, à en peser 10 gr., à humecter avec de l'eau, mélanger avec du lait de chaux, sécher, réduire en poudre, faire digérer pendant $\frac{1}{4}$ d'heure avec de l'éther exempt d'eau et d'alcool (100 C.C.), décanter l'éther clair, en mêler 20 C.C. avec un volume déterminé d'acide sulfurique ou oxalique titrés, et doser, après addition de teinture de bois de Ste-Marthe, avec de l'ammoniaque titrée.

Dans ce procédé, la quinine seule est déterminée; il n'est tenu aucun compte de la présence des autres alcaloïdes. En outre, différentes objections ont été faites à cette méthode par M. Faget et par MM. Thomas et Taillandier; pour une bonne partie, on peut remédier aux défauts signalés. Mais la grande difficulté réside, d'abord dans l'emploi, pour des poudres si

---

[1]) *Répertoire de Chim. appliq.* T. 1., p. 132; T. 2, p. 61; T. 4, p. 58.

fines et si hygroscopiques, d'éther qui doit être absolument exempt d'eau et d'alcool; ensuite, et surtout, dans le mesurage de volumes exacts d'un liquide aussi volatil et aussi dilatable que l'éther. L'erreur qui en résulte ne peut être évitée entièrement, même en faisant usage d'appareils clos, et elle exerce une influence notable, vu qu'on n'opère que sur une fraction de l'éther employé.

En suite de l'idée émise par MM. Glénard et Guillermond, mais en m'écartant assez notablement de leur méthode, j'ai exécuté quelques essais de titrage, dont je prends la liberté de soumettre à l'Académie la marche et les résultats.

J'ai cru devoir éviter, non pas précisément l'emploi de l'éther, mais le mesurage de cet éther; en outre, il m'a paru désirable de doser aussi, au moins approximativement, les autres alcaloïdes de l'écorce, tout en m'opposant, autant que possible, à l'entrée en dissolution d'autres principes constituants. A cet effet, je me suis servi de l'excellent dissolvant de la plupart des alcaloïdes indiqué par MM. Uslar et Erdmann [1]), savoir de l'alcool amylique, sans toutefois m'astreindre à la méthode de ces savants pour l'extraction des alcaloïdes des matières premières. J'ai cru surtout devoir éviter l'emploi de l'ammoniaque, qui est prescrit dans les deux méthodes que je viens de rappeler, dans la dernière pour la mise en liberté des alcaloïdes, dans l'autre pour le dosage par reste.

Voici la marche que j'ai suivie dans l'analyse.

MARCHE DE L'ANALYSE.

Piler l'écorce, triturer et bien mélanger la poudre.

Sécher la poudre à 100°, la laisser refroidir dans l'exsiccateur, puis peser.

Humecter la poudre avec de l'eau, puis la mêler avec un excès d'eau de chaux récemment préparée.

Sécher le mélange à 100° dans une étuve.

Faire digérer la matière sèche, dans un matras et à chaud, avec de l'alcool amylique pur.

---

[1]) *Annal. d. Ch. u. Pharm.* T. CXX, p. 121.

Porter la masse sur un filtre, et laver le résidu sur le filtre avec de l'alcool amylique chaud, à différentes reprises.

Ajouter à la dissolution amyl-alcoolique, reçue dans un matras, un volume déterminé d'acide chlorhydrique étendu et titré, qui se rassemble au-dessous de l'alcool amylique; ensuite, chauffer doucement, boucher le matras et secouer.

Séparer la dissolution chlorhydrique de l'alcool amylique, à l'aide d'un entonnoir à robinet.

Secouer l'alcool amylique dans l'entonnoir avec un nouveau volume déterminé d'acide titré, puis séparer les liquides. Répéter cette opération une troisième fois. — Ensuite, laver l'alcool amylique dans l'entonnoir avec de l'eau distillée.

Réunir les diverses liqueurs acides et les eaux de lavage, ajouter un peu de teinture de bois de Ste-Marthe, puis titrer au violet avec la soude caustique.

Ajouter à la dissolution neutre assez de soude caustique pour précipiter les alcaloïdes.

Recueillir le précipité sur un filtre, le laver plusieurs fois avec de l'eau froide et le sécher au-dessous de 100°.

Épuiser le contenu du filtre et le filtre lui-même avec de l'éther anhydre, et répéter cette opération avec de petites quantités d'éther.

Mêler à la dissolution éthérée un volume déterminé d'acide oxalique titré, ajouter un peu de teinture de bois de Ste-Marthe, puis titrer en retour par la soude caustique jusqu'au rose faible.

ECLAIRAISSEMENTS SUR QUELQUES POINTS.

L'alcool amylique doit être pur et surtout parfaitement neutre.

Le traitement par ce liquide doit se faire dans une cage bien ventilée, à cause de l'action désagréable et nuisible de l'alcool amylique.

Le titrage de l'acide chlorhydrique se fait avec plus de précision à une douce chaleur, et, en opérant sur un acide si faible, il n'y a pas à craindre qu'il s'en volatilise une partie.

La teinture de bois de Ste-Marthe, à raison de la rapidité du passage d'une teinte à l'autre, est beaucoup plus sensible que celle de campêche ou de tournesol. Quand on emploie des alcalis caustiques, elle ne laisse rien à désirer. — Le passage au rose est le point juste.

Dans le dosage de la quinine seule on n'a à se préoccuper que de la teinte de passage, non de la formation d'un précipité, dont l'apparition a lieu quelquefois plus tôt, à cause du peu de solubilité de l'oxalate de quinine.

On ne peut nier qu'une erreur dans le titrage ne se reporte agrandie sur la richesse en alcaloïdes. Pour ce motif, il est absolument nécessaire d'employer des liqueurs de titrage étendues et d'opérer avec tous les soins possibles.

PREMIÈRE ESPÈCE DE QUINQUINA.

	I.	II.	III.
Poids de l'écorce pilée et séchée	8.4408 Gr.	7.2961 Gr.	10.5042 Gr.
Alcool amylique employé	120 CC.	120 CC.	170 CC.
Acide chlorhydrique employé	75 "	75 "	75 "
Force de l'acide chlorhydrique en CC. de dissolution de soude caustique	75 CC=32.5CC.	75 CC=32.5CC.	75 CC=32.5CC.
1 CC. de dissolution de soude caustique contient 0,031 Gr. Na_2O.			
Titré au violet.			
Dissolution de soude employée. (en partie décime).	31.16 CC.	31.204 CC.	30.462 CC.
Alcaloïdes exprimés en dissolution de soude	1.340 "	1.296 "	2.038 "
Idem idem en Na_2O	0.04127 Gr.	0.03992 Gr.	0.06277 Gr.
Idem idem en Na_2O % de l'écorce	0.489	0.549	0.597
Acide oxalique décime employé	21.75 CC.	20.00 CC.	25.00 CC.
Titré par reste avec dissolution de soude	15.62 "	15.34 "	18.13 "
Equivalent à acide oxalique décime	15.93 "	15.65 "	18.49 "
Donc, poids d'acide oxalique cristallisé pour la quinine.	0.0367 Gr.	0.0274 Gr.	0.0410 Gr.
Comme on a: oxalate de chinine = $2\,C_{20}H_{24}N_2O_2$, $C_2H_2O_4$			
il vient pour la quinine	0.1887 "	0.1409 "	0.2109 "
ou en % de l'écorce	2.23	1.93	2.01
correspondant à Na_2O en %	0.213	0.185	0.192
Reste donc pour les autres alcaloïdes en % Na_2O	0.276	0.364	0.405
Calculé % cinchonine	2.74	3.61	4.02
	Moyenne en %		
Quinine		1.97	
Cinchonine		3.81	

DEUXIÈME ESPÈCE DE QUINQUINA (*Calisaya*).

	I.	II.	III.
Poids de l'écorce pulvérisée et séchée à 100°.....	12.7399 Gr.	8.6386 Gr.	16.1241 Gr.
Alcool amylique employé....	185 CC.	185 CC.	265 CC.
Acide chlorhydrique employé.	100 "	100 "	100 "
Force de l'acide chlorhydrique en CC. de dissolution de soude caustique.....	10 CC=4.55CC.	10 CC=4.55CC.	10 CC=4.55CC.
1 CC. de dissolution de soude caustique contient 0.02619 Gr. Na_2O.			
1 CC. de dissolution sodique décime = 0.00263 Gr. Na_2O.			
Titré au bleu-violet.			
Dissolution sodique employée.	39 CC.	40 CC.	39 CC.
Dissolution sodique décime employée.....	30.50 "	29.00 "	15.95 "
Alcaloïdes exprimés en Na_2O.	0.09001 Gr.	0.06776 Gr.	0.12828 Gr.
Idem idem en Na_2O % de l'écorce.....	0.741	0.784	0.794
Acide oxalique décime employé.....	60 CC.	35 CC.	60 CC.
Force de l'acide oxalique décime en dissolution sodique décime.....	10 = 11.785 CC.	10 = 11.785 CC.	10 = 11.785 CC.
Acide oxalique décime employé, exprimé en dissol. sodique décime..... ...	70.71 CC.	41.25 CC.	70.71 CC.
Titré par reste avec dissol. sodique décime.....	57.95	34.20	55.40
Donc, quinine exprimée en dissol. sodique décime....	12.76	7.50	15.31
Quinine exprimée en Na_2O.	0.0335639 Gr.	0.0185443 Gr.	0.0402714 Gr.
Quinine exprimée en Na_2O % de l'écorce.....	0.276	0.215	0.249
On ajouta ensuite dissol. sodique décime.....	12.76 CC.	7.05 CC.	15.21 CC.
d'où résulta dans les trois essais un précipité qui n'augmenta pas par une nouvelle goutte de dissol. sodique décime.			
Pour s'assurer si l'augmentation de la quantité d'acide oxalique et de soude dans la liqueur avait quelque influence, on ajouta, aux liqueurs maintenant troubles, acide oxalique décime.....	25 CC.		25 CC.

	I.	II.	III.
ce qui donna, en chauffant légèrement, des dissolutions limpides.			
Cet acide oxalique décime correspond à dissol. sodique décime.....	29.46 CC.		29.46 CC.
Titré par reste avec dissol. sodique décime.....	16.25		13.70
Donc, quinine exprimée en dissol. sodique décime....	13.21		15.76
Quinine exprimée en Na_2 O.	0.0347476 Gr.		0.0414551 Gr.
Quinine exprimée en Na_2 O % de l'écorce.....	0.286		0.257
Comme 62 parties Na_2 O équivalent à 648 parties de quinine, on a quinine en % de l'écorce d'après le 1er dosage	2.884	2.247	2.602
" " 2e "	2.989		2.686
En retranchant des alcaloïdes exprimés en dissol. sodique décime la quantité de quinine du premier dosage	0.741 %	0.784 %	0.794 %
exprimée en dissol. sodique décime, il reste pour les	0.276	0.215	0.249
autres alcoloïdes exprimés en dissol. sodique décime.	0.465	0.569	0.585
Dans la supposition que tout le reste fût de la cinchonine, on calculerait pour Cinchonine en % de l'écorce.	4.62 %	5.65 %	5.85 %

EXAMEN COMPARATIF DE DEUX ESPÈCES DE QUINQUINA.

	A Calisaya.	B Huanuco.	
		I.	II.
Poids de l'écorce pulvérisée et séchée à 100°.....	7.3683 Gr.	15.9552 Gr.	8.0181 Gr.
Alcool amylique employé....	170 CC.	210 CC.	145 CC.
Acide chlorhydrique employé	100 "	103 "	100 "
Force de l'acide chlorhydrique en CC. de dissol. de soude.	10CC.=4.55CC.	10CC=4.55 CC.	10CC.=4.55CC.
1 CC. de dissol. de soude contient 0,02619 Na^3 O.			
1 CC. de dissol. sod. décime contient 0.00263 Na_3 O.			
Titré au violet.			
Dissolution de soude employée.	40 CC.	40 CC.	40 CC.

	A Calisaya.	B Huanuco. I.	B Huanuco. II.
Dissol. sodique décime employée	31.60 CC.	1.30 CC.	15.65 CC.
Alcaloïdes exprimés en Na_2O.	0.060924 Gr.	0.176375 Gr.	0.102870 Gr.
Idem idem en Na_2O % de l'écorce	0.820	1.105	1.283
Acide oxalique décime employé	35 CC.	25 CC.	25 CC.
qui exigeraient en dissol. sodique décime	41.25 "	29.46 "	29.46 "
Titré par reste avec dissol. sodique décime	35.85	26.50.	26.60
Donc, quinine exprimée en dissol. sodique décime	5.40 CC.	2.96 CC.	2.86 CC.
Quinine exprimée en Na_2O.	0.0142092 Gr.	0.007786 Gr.	0.007523 Gr.
Idem idem en Na_2O % de l'écorce	0.193	0.048	0.093
Quinine en % de l'écorce	2.017	0.501	0.972

Le précipité produit par un excès de dissolution de soude n'était pas floconneux. Celui de A donnait une forte réaction de quinine, celui de B n'en donnait qu'une faible. La petite quantité de matière que le Huanuco abandonne à l'éther consiste donc essentiellement en cinchonicine, et peut-être aussi en quinidine, substances qui sont un peu solubles dans l'éther. En effet, d'après les expériences de MM. Thomas et Taillandier, 100 CC. d'éther dissoudraient 0,244 gr. de quinidine et 0,040 gr. de cinchonicine.

RÉSUMÉ.

	Richesse en quinine. I.	Richesse en quinine. II.	Richesse en quinine. III.
Première espèce de quinquina.	2.23%	1.93%	2.01%
Deuxième " " "	2.88	2.25	2.60
	2.99	—	2.69
Troisième " " "	2.02		
Quatrième " " "	0.50	0.97	

Il résulte de ce qui précède :

1°. que l'emploi de l'éther comme liquide volumétro-analytique (proposé par MM. Glénard et Guillermond) peut être entièrement évité ;

2°. que le dosage proposé, exécuté avec soin, donne des résultats très satisfaisants ;

3°. qu'en faisant par cette méthode des essais comparatifs sur le même quinquina, on obtient des chiffres bien concordants ;

4°. que la méthode se recommande par la facilité avec laquelle on se débarrasse des autres matières contenues dans l'écorce et on obtient une dissolution incolore ;

5°. que d'un côté, il est vrai, elle tend à donner une proportion de quinine un peu trop forte, parce que la quinidine (si celle-ci existe réellement dans l'écorce) et la cinchonine ne sont pas tout à fait insolubles dans l'éther ; mais que cette erreur est contre-balancée par une autre agissant en sens contraire, qui provient de ce que la quinine n'est pas absolument insoluble dans l'eau ;

6°. que la méthode ne devient propre à faire connaître la proportion de quinidine et de cinchonine, que si la partie insoluble dans l'éther est soumise à un traitement ultérieur, traitement auquel la méthode de M. De Vrij paraît pouvoir s'appliquer avec succès. Dans les essais dont je viens de rendre compte, je n'ai pas effectué cette séparation.

SUR LA DURÉE ET LA MARCHE

DES

COURANTS GALVANIQUES D'INDUCTION,

PAR

A. NYLAND.

Des expériences, faites il y a quelques années, avaient appris à M. le professeur Donders que l'électricité, qui jaillit entre les extrémités de l'hélice secondaire lors de l'ouverture du courant primaire, se compose de plus d'une étincelle. Ce savant s'était servi, selon la méthode qui a été suivie également par M. Feddersen dans ses observations sur la décharge de la bouteille de Leyde (*Pogg. Ann.*, CXIII et CXIV), d'un miroir tournant à rotation relativement lente. Ce n'est que lorsque les extrémités de l'hélice secondaire étaient à peu près éloignées l'une de l'autre à la limite de la distance explosive, qu'on voyait dans le miroir une étincelle unique (Voir *Nederl. Archief voor Genees- en Natuurkunde*, 1865, II, p. 332).

L'emploi fréquent des étincelles d'induction, pour la détermination du temps physiologique, fit naître chez M. Donders le désir d'étudier ces étincelles avec plus de soin. Dans le courant de l'année 1868 il exécuta différentes expériences d'après une méthode de beaucoup supérieure à la première et que je ferai connaître plus loin. Ses résultats ont été communiqués à l'Académie royale des Sciences, et on en trouve un résumé dans les *Onderzoekingen*

gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, II, 1868—69, p. 316—318. M. Donders fit observer à bon droit que les résultats déjà obtenus étaient d'un grand intérêt pour la théorie de l'électricité d'induction, et que la méthode employée promettait de donner encore beaucoup plus si l'on avait le temps de l'appliquer d'une manière suivie et complète.

Grâce à l'entremise de M. le professeur Grinwis, M. Donders a bien voulu m'autoriser à continuer les recherches commencées par lui, et il a même eu la bienveillance de mettre à cet effet à ma disposition une des salles du Laboratoire physiologique de l'université. De son côté, M. le professeur Buijs Ballot m'a permis de faire usage de tous les instruments du Cabinet de physique dont je pouvais avoir besoin.

C'est d'après leurs conseils que j'ai entrepris ce travail, et si je n'ai épargné ni temps ni peine pour multiplier les expériences et leur donner le degré de précision nécessaire, je me plais à reconnaître que mon zèle a été animé et soutenu par l'appui qu'ils ont bien voulu me prêter.

§ 1. MÉTHODE.

La plupart de mes expériences ont été faites avec le grand inducteur de Ruhmkorff du Cabinet de physique de l'Université. Avec cet appareil, en employant comme batterie inductrice 6 à 10 éléments de Grove, on obtenait il y a quelques années des étincelles de 25 centimètres de longueur. Depuis lors, par une cause inconnue, il a perdu de son énergie, et, pendant toute la durée de mes recherches, sa force, maintenant constante, s'est traduite par des étincelles de 8 à 10 centimètres. Je ne me suis toutefois pas servi de l'inducteur complet dans toutes les expériences, car une étude rationnelle des courants galvaniques induits doit partir de la disposition la plus simple, composée uniquement d'une hélice inductrice et d'une hélice induite. Pour obtenir dans cette expérience délicate une action assez intense pour pouvoir être mesurée par la méthode employée, on a besoin d'une hélice secondaire très longue, et c'est aussi ce que je trouvais dans mon

appareil de Ruhmkorff lorsque l'hélice primaire intérieure et le noyau en étaient enlevés.

Il ne sera donc pas inutile de donner d'abord la description de cet inducteur, qu'on voit figuré dans la planche I.

Au centre se trouve un faisceau de quelques centaines de fils de fer mou, chassés dans un cylindre mince de bois. C'est ce qu'on appelle le noyau magnétique. Ce noyau est recouvert de 300 tours d'un fil de cuivre de 2 mm. d'épaisseur, entouré de soie; le fil est enroulé avec assez de force pour serrer le bois, de sorte que le faisceau et l'hélice forment une masse unique, qu'on peut retirer de l'appareil après avoir enlevé les deux disques épais de gutta-percha qui se trouvent aux extrémités et dont l'un est visible dans la figure. Cette hélice primaire, que traverse le courant de la pile, constitue avec le noyau magnétique la partie inductrice de l'appareil. Les extrémités de l'hélice primaire aboutissent en B et C.

Autour de cette hélice se trouve un cylindre de caoutchouc durci, sur lequel est enroulé le fil induit. Celui-ci est un fil de cuivre entouré de soie, beaucoup plus mince que le précédent, épais de ¼ mm. et long de 100,000 mètres. Dans notre inducteur les tours de spire ne sont pas encore partagés en groupes, comme dans les „machines cloisonnées" construites d'après les indications de M. Poggendorff, mais ils s'étendent sur toute la longueur, en formant plusieurs couches séparées entre elles par des couches minces de caoutchouc. Les extrémités de cette hélice secondaire se trouvent en *a* et *b*.

Dans le support de l'appareil est logé le condensateur, qui consiste en deux feuilles d'étain d'une grande surface, pliées et séparées par un morceau plié de taffetas. Avec ces feuilles d'étain communiquent les boutons A et D.

Sur ces feuilles métalliques peut se répandre le courant primaire lorsque son circuit est ouvert. L'extra-courant de l'hélice primaire, le courant induit de l'hélice secondaire et les courants magnétiques induits du noyau contrecarrent le courant primaire lors de la fermeture, et à l'ouverture ils accélèrent par conséquent le cou-

rant primaire, qui trouve alors une issue dans le condensateur. L'étincelle d'ouverture du courant primaire est en effet beaucoup plus faible quand on fait usage du condensateur.

L'inducteur complet comprend encore un interrupteur de Foucault, mais je ne me suis jamais servi de cette partie de l'appareil, vu que mon étude exigeait de tenir les courants d'ouverture et de fermeture séparés les uns des autres et de pouvoir déterminer exactement le temps du renversement du courant. C'est pourquoi je ne ferai pas autrement mention de cet interrupteur.

Pour étudier maintenant le courant induit obtenu à l'aide de cet inducteur, on laisse s'enregistrer son action sur un cylindre qui tourne rapidement.

Ce cylindre (*v.* planche I) est en laiton, et a un diamètre de 19 cm. et une longueur de 25 cm. L'axe est pourvu à l'une de ses extrémités de pas de vis qui s'engagent dans un écrou fixe, de sorte que le cylindre prend un mouvement progressif lorsqu'on fait tourner la manivelle adaptée à l'autre extrémité de l'axe. Ce cylindre est recouvert bien uniformément de papier noirci à la fumée d'une lampe à pétrole. En avant du cylindre, sur un pied isolant, se trouve un diapason, dont l'une des branches porte une pointe d'acier qui s'applique avec une légère pression contre le papier du cylindre, tandis que l'autre branche est garnie, comme contre-poids, d'une petite pièce métallique équivalente. Si l'on relie maintenant une des extrémités *a* de l'hélice secondaire avec le cylindre en G, et l'autre *b* avec le diapason S, le courant induit trouve un passage qui n'est interrompu qu'entre la pointe d'acier et le cylindre, c'est-à-dire sur l'épaisseur du papier. En ce point le courant, sous forme d'étincelle, percera donc le papier et laissera une trace.

Sur du papier ordinaire on voit les ouvertures percées; sur du papier enfumé on voit des ouvertures entourées d'un espace blanc, qui est dû à la dispersion de la suie. En imprimant au cylindre un mouvement de rotation rapide, après avoir mis le diapason en vibration, les marques des étincelles se trouveront sur la sinusoïde

chronoscopique que la pointe du diapason trace sur le cylindre.

Le grand avantage de cette méthode consiste en ce qu'on peut faire tourner le cylindre librement, à la main, attendu que les vibrations du diapason fournissent des unités chronoscopiques, qui mesurent exactement la durée de chaque rotation ainsi que celle de deux étincelles successives.

Pendant une rotation, le courant primaire est deux fois fermé et deux fois ouvert. A cet effet, le courant primaire va du pôle zinc de la pile au bouton B, traverse ensuite l'hélice primaire et ressort de nouveau en C, puis passe au bouton F et de là dans la petite tige de cuivre qui est en rapport avec lui. Le pôle platine de la pile communique avec le bouton E et par conséquent avec l'autre tige de cuivre. Les deux tiges de cuivre s'appuient fortement, par ressort, sur un anneau, qui est isolé du cylindre par des lames de caoutchouc durci, mais qui y est fixé solidement et tourne par conséquent autour du même axe. Cet anneau est divisé en quatre parties et formé moitié de cuivre, moitié d'ivoire. Pendant une révolution du cylindre, le courant primaire est donc fermé quand les deux tiges appuient sur le cuivre, ouvert quand elles passent sur l'ivoire, puis de nouveau fermé et ouvert successivement dans le passage sur le second quadrant de cuivre et sur le second quadrant d'ivoire. Les tiges de cuivre sont d'ailleurs supportées par un pied isolant, fixé à une planche qui partage le mouvement progressif du cylindre, de sorte que les tiges ne cessent pas de glisser sur l'anneau. Pour que l'ouverture et la fermeture du courant se fassent régulièrement et instantanément, il est nécessaire que la séparation du cuivre et de l'ivoire reste bien nette et, pour cela, que l'anneau entier soit fréquemment frotté avec du papier à l'émeri fin et essuyé avec un linge. Mais, en outre, une disposition essentielle est que les tiges de cuivre ne frottent pas sur l'anneau directement, mais par l'intermédiaire de petits couteaux tranchants d'argent, vissés à l'extrémité des tiges et perpendiculaires à la surface de l'anneau; ces couteaux interrompent le courant primaire au moment où ils

glissent sur la fine ligne de séparation du cuivre et de l'ivoire. Les pointes de platine, dont M. Donders s'était servi antérieurement, donnaient un résultat moins satisfaisant, parce que leur forme s'altérait par l'usure due au frottement et aux nettoyages, et parce que le platine est moins bon conducteur que l'argent. Avec ces couteaux, on peut ouvrir et fermer le circuit des centaines de fois de suite, sans que la moindre irrégularité se fasse remarquer. Je crois pouvoir affirmer, d'après mon expérience personnelle, que cette manière de fermer et d'ouvrir le courant mérite la préférence sur toutes les méthodes connues jusqu'à présent.

Lorsque le cylindre a été tourné une fois, de sorte que la manivelle se retrouve au même point, on a donc obtenu, sur cette sinusoïde unique, deux décharges à la fermeture du courant et deux à l'ouverture. Sur le même rouleau de papier on peut enregistrer ainsi plus de 20 expériences.

Le diapason employé faisait 246 vibrations par seconde, et, à l'aide de l'instrument de mesure que M. le Dr. Engelmann mit à ma disposition, il était facile d'évaluer sur le papier les vingtièmes parties de chaque vibration, de sorte que cette méthode permettait de déterminer les cinq-millièmes de seconde. Le nombre des vibrations du diapason fut trouvé en enregistrant simultanément, et ces vibrations, et les indications d'une horloge, introduite dans le circuit primaire de façon que son pendule, qui battait les secondes, ouvrît et fermât le courant primaire. La faible influence de la température avait été déterminée par M. Donders, au moyen du changement du nombre des battements obtenus avec un autre diapason maintenu à une température invariable. A la fin de l'expérience, la pointe du diapason et les deux tiges de cuivre E et F étaient détachées du cylindre et de l'anneau, à l'aide de petits leviers que la figure ne montre pas; on enlevait alors le papier du cylindre, on numérotait les expériences, on inscrivait auprès de chacune d'elles les observations nécessaires, et enfin on passait le papier dans une dissolution alcoolique de vernis, pour fixer le noir de fumée.

La seule résistance que les courants galvaniques induits aient

à vaincre dans ces expériences est, outre celle du circuit, la résistance d'un papier fin. Selon que les expériences l'exigeaient, j'ai fait usage de différentes espèces de papier: pour les courants très faibles, de papier brouillard très mince, appelé papier à fleurs, dont la résistance peut bien être regardée comme un minimum; pour des courants plus forts, de papier de poste très fin, dit mailpapier, et de papier vélin lustré d'un côté. Le papier préparé chimiquement, par imbibition avec du prussiate jaune de potasse et du nitrate d'ammoniaque (ce dernier sel ayant pour but de maintenir le papier humide), tel qu'on l'emploie pour les télégraphes écrivants, donne aussi un tracé net du courant, mais satisfait moins bien que le *mailpapier* ou le papier à fleurs. Le Dr. Hoorweg et M. Donders ont expérimenté avec ce papier. Tout courant induit, qui est physiologiquement perceivable, peut aussi être enregistré sur le papier à fleurs; c'est là, ce me semble, une preuve de la sensibilité du procédé.

Par cette méthode le courant induit est donc enregistré; il ne reste plus qu'un problème à résoudre, celui d'enregistrer avec une exactitude égale, à côté de chaque expérience, l'instant de l'ouverture et de la fermeture du courant primaire.

Il faut quelque habitude de l'expérimentation pour apprécier convenablement la difficulté de ce problème et par conséquent la valeur de la solution, car une exactitude poussée jusqu'aux millièmes de seconde est une condition nécessaire. Aussi ne pourrai-je faire connaître de quelle manière je suis parvenu à atteindre complétement le but, qu'après avoir communiqué un certain nombre de résultats. Un point qui doit encore être pris en sérieuse considération dans ces recherches, est le suivant. Si l'on veut recueillir en totalité des courants induits énergiques, il est nécessaire que les divers conducteurs de ces courants soient isolés aussi parfaitement que possible; tous les fils conducteurs doivent être en fil de cuivre épais, recouvert d'une couche de gutta-percha, et l'appareil entier qui sert aux mesures doit reposer sur une table bien isolée, soit par des pieds de verre, soit d'une

autre manière. Un isolement absolu, pendant une longue durée, est impossible; mais aussi cette condition ne peut-elle être exigée que lorsqu'on cherche à déterminer des chiffres absolus. Bien que j'aie procédé comme s'il s'agissait d'obtenir ce degré d'exactitude, je n'entends pourtant faire valoir mes résultats que comme des grandeurs relatives, et si je cite quelques chiffres absolus, par exemple pour la vitesse de l'électricité induite, cela n'a lieu qu' afin de faire apprécier la méthode.

Quant à savoir si ces chiffres peuvent être mis à côté ou au-dessus de ceux d'autres observateurs, c'est un point que j'abandonne au jugement du lecteur.

Pour avoir une idée claire de l'enregistrement du moment de l'ouverture et de la fermeture du courant primaire, on peut consulter, comme type de mes expériences, une série de décharges d'ouverture et de fermeture du Ruhmkorff complet, figurée sur les planches II et III. Le courant inducteur était fourni par une pile de 10 éléments de Grove, et le cylindre était recouvert de *mailpapier*. D'après la méthode décrite, nous obtenons sur la sinusoïde, après une rotation du cylindre, deux expériences d'ouverture et deux de fermeture. La décharge de fermeture, aussi bien que celle d'ouverture, donne une série de plus de cent étincelles, qui, d'abord assez éloignées entre elles, se rapprochent ensuite très près l'une de l'autre, et dont l'ensemble dure pendant 12, 13 ou 14 vibrations. Plus tard nous reviendrons avec détail sur ces décharges; occupons-nous maintenant de l'enregistration du courant primaire.

A quel instant le courant primaire est-il ouvert ou fermé?

Naturellement, à l'instant où les couteaux des tiges E et F (*v.* Pl. I) glissent sur la séparation de l'ivoire et du cuivre. Rien ne serait donc plus simple que de détacher du cylindre et de l'anneau la pointe du diapason et les tiges E et F, de faire rétrograder le cylindre jusqu'à ce que les couteaux, passant de nouveau sur la séparation, reproduisent l'étincelle, puis d'abaisser la pointe du diapason et de lui donner un petit choc, de manière à impri-

mer sur le cylindre le point marqué. Le point ainsi obtenu, immédiatement avant la prémière étincelle des décharges ou presque en coïncidence avec elle, indiquerait alors le moment de l'ouverture ou de la fermeture. Mais il est facile de voir que ce mode d'enregistration n'est pas le meilleur dont on puisse faire choix. Même en employant une forte loupe pour reconnaître la position des couteaux, et en opérant avec toute la précision possible, le résultat reste dépendant du degré d'exercice de la main et de l'œil, et c'est ce que montrent en effet les expériences exécutées de cette manière.

Il vaut infiniment mieux laisser l'électricité s'enregistrer elle-même. Mais on ne peut demander aucun effet mécaniqne à l'étincelle de fermeture du courant primaire, car elle est trop faible; et quant à l'étincelle d'ouverture, bien qu'elle soit plus forte, on ne peut pas davantage la charger de percer du papier, attendu que la moindre résistance empêche la fermeture, qui pourtant doit nécessairement précéder la rupture du courant. Pour ce motif, j'ai enregistré de la manière suivante.

Après achèvement de l'expérience, dans laquelle le cylindre a été tourné à la main aussi rapidement que possible, par exemple en ⅓ de seconde, on interrompt pour un instant le contact de la pointe du diapason et des couteaux avec le cylindre et l'anneau, on fait rebrousser le cylindre jusqu'au point d'où l'on était parti, puis on laisse retomber la pointe et les couteaux dans la position d'appui. On recommence alors, sans passer préalablement l'archet sur le diapason, le mouvement direct du cylindre, en tournant très lentement, surtout aux points de séparation entre l'ivoire et le cuivre; la pointe du diapason trace alors une ligne droite s'étendant sur le milieu de la sinusoïde. A l'instant de l'ouverture et de la fermeture du courant primaire il passe de nouveau des étincelles entre la pointe du diapason et le cylindre, mais toute la série de ces étincelles, au nombre de plusieurs centaines, coïncide en apparence et forme sur la ligne droite un seul trou, qui maintenant indique le moment précis de l'ouverture et de la fermeture (*v.* Pl. II). Quand on tourne avec beaucoup de lenteur, la coïncidence s'obtient très nettement.

Dans cette manière de procéder, voici, évidemment, comment les choses se passent.

Supposons que la première étincelle de la décharge arrive x vibrations après l'instant où le courant primaire a été fermé (ou ouvert), de sorte que tout le courant d'étincelles ait été déplacé de x vibrations. Si alors on tourne assez lentement pour que le courant soit réduit à une seule étincelle, il s'agit de savoir de combien cette étincelle arrive en retard.

D'autres expériences, que j'ai faites, il résulte que la rapidité d'ouverture et de fermeture est sans influence sur la durée de la décharge du courant induit. Mais la décharge entière est maintenant, par suite de la lenteur de la rotation, réduite à une étincelle unique; désignant donc par v la vitesse de rotation dans la première expérience, par t la durée totale du courant induit et par t' le retard; de même par v' la vitesse de rotation de la seconde expérience, dans laquelle la durée du courant induit est restée la même et où le retard sur le papier est de x' vibrations, nous avons:

dans la 1e expérience une durée de décharge $=$ 14 vibrations $= v\ t$.
et un retard x $= v\,t'$.
dans la 2e expérience une durée de décharge $=$ 1 étincelle $= v'\,t$.
et un retard x' $= v'\,t'$.

Comme 14 vibrations sont maintenant réduites à 1 étincelle ou à moins de $\frac{1}{20}$ de vibration, on a $v' < \frac{1}{280}\,v$ et par conséquent aussi $x' < \frac{1}{280}\,x$; en mesurant donc la distance entre l'étincelle unique de l'enregistration du courant primaire et la première étincelle de la décharge, l'erreur ne peut dans ce cas atteindre $\frac{1}{280}$ de la valeur. Si cette distance est, par exemple, de $\frac{1}{30}$ de vibration, le retard est $\frac{1}{30} \times \frac{1}{246}$ sec. $= 0{,}000136$ seconde, valeur qui ne peut être en défaut de $\frac{1}{2}$ millionième. Il va sans dire que la mesure des trentièmes de vibration offre des difficultés entraînant des erreurs plus grandes que celle qui vient d'être évaluée; mais, ici, il ne s'agit que d'apprécier l'exactitude de la méthode.

Le lecteur attentif aura remarqué que, dans la pratique, cette méthode revient simplement à faire chaque expérience deux fois:

d'abord très rapidement et ensuite très lentement, ce qui a pour résultat d'éliminer le temps.

Cette méthode m'a servi à étudier différents points, dont je traiterai dans l'ordre suivant. En premier lieu, l'induction voltaïque pure, ou l'action de deux spirales l'une sur l'autre; ensuite l'induction due à une spirale dans laquelle on introduit différents noyaux de fer, et celle de l'inducteur de Ruhmkorff. Puis: l'influence qu'une résistance et une bouteille de Leyde ont sur le courant induit; l'influence que les courants d'ouverture et de fermeture exercent les uns sur les autres en cas d'ouverture et de fermeture rapides; enfin, l'induction unipolaire. Une modification de la méthode nous donnera les images de la décharge.

§ 2. INDUCTION VOLTAÏQUE PURE.

Le cas le plus simple qui se présente dans l'induction, est l'action produite sur une spirale secondaire par une spirale primaire qu'on y introduit.

Pour faire cette expérience, rien n'eût été plus facile que de retirer le noyau de fils de fer de l'inducteur de Ruhmkorff, et d'expérimenter ensuite avec les deux spirales restantes; mais, dans l'inducteur que j'avais à ma disposition, ce noyau était fixé si solidement à l'intérieur de la spirale primaire, que je dus les enlever ensemble et introduire à leur place une autre spirale primaire. Celle-ci consistait en une seule couche de circonvolutions, formées par un fil de cuivre, recouvert de soie, long de 30 mètres et épais de $2\frac{1}{4}$ millimètres. A priori, avec une spirale primaire de ces dimensions, une spirale secondaire telle que celle qui enveloppait l'inducteur, de 100,000 mètres de longueur, et 10 bons éléments de Grove comme batterie inductrice, on s'attendrait à obtenir une action passablement énergique. Mais cette action est au contraire extrêmement faible et, physiologiquement, à peine sensible. Malgré cela, j'ai parfaitement réussi à enregistrer les décharges de ces courants induits sur le

papier à fleurs et sur le *mailpapier*. Je donne ici les résultats moyens de plusieurs centaines d'expériences.

Sur le papier à fleurs on obtient une décharge de fermeture qui dure $\frac{1}{2}$ vibration et se compose de 10 à 12 étincelles distinctes. La première étincelle est faible, la deuxième et la troisième sont bien visibles, les suivantes vont de nouveau en décroissant. Sur le *mailpapier* on obtient une décharge qui consiste en 2, 3 ou 4 étincelles bien visibles et qui dure environ $\frac{1}{4}$ de vibration. La décharge d'ouverture a une durée plus courte: sur le papier à fleurs, $\frac{1}{3}$ de vibration, partagé en 7 ou 8 étincelles, dont la première est la plus forte; sur le *mailpapier*, $\frac{1}{5}$ de vibration, avec 3 ou 4 étincelles parfaitement visibles à l'œil nu.

Si l'on enregistre aussi le courant primaire, on voit que chaque décharge est un peu retardée, celle d'ouverture de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{25}$ de vibration. Ce retard correspond au temps que l'électricité emploie à parcourir tout le circuit secondaire et à accroître sa force jusqu'au point où elle est capable de percer le papier. Sur du papier plus épais le retard est toujours un peu plus long, et à la décharge de fermeture il est aussi un peu plus grand qu'à la décharge d'ouverture. La première étincelle de fermeture étant faible, et la distance à l'étincelle d'enregistration du courant primaire devenant par suite incertaine, je me borne à donner le retard constaté lors de l'ouverture.

Des données qui précèdent il résulte donc que, sur le papier à fleurs, la décharge de fermeture dure presque 0,002 seconde (1 vibration $= \frac{1}{246}$ sec.); la décharge d'ouverture est plus courte et ne persiste que pendant environ 0,0013 seconde; l'une et l'autre sont composées d'étincelles distinctes, qui sont plus fortes pour la décharge d'ouverture. M. Beetz a obtenu une décharge de fermeture de 0,012 sec. et une décharge d'ouverture de 0,003 seconde.

Il en résulte encore que le courant d'induction, qui, selon tous les physiciens, prend naissance en même temps que le courant primaire, met $\frac{1}{20} \times \frac{1}{246}$ sec. $= \frac{1}{4920}$ sec. à parcourir les

50,000 mètres du circuit secondaire, et à s'élever à une intensité suffisante pour pouvoir percer du papier à fleurs: cela équivaudrait à une vitesse de 246,000 kilomètres par seconde.

Nous reviendrons plus tard sur ce dernier point.

§ 3. SPIRALE PRIMAIRE RENFORCÉE PAR DES NOYAUX DE FER.

Le premier noyau essayé était un barreau de fer mou de 82 centimètres de longueur et 22 millimètres d'épaisseur. En employant comme batterie inductrice, de même que dans les expériences précédentes, 10 éléments de Grove, on obtint les résultats suivants, qui, comparés à ceux du paragraphe 2, montrent l'influence considérable qu'un noyau exerce sur le courant induit.

La décharge de fermeture dure	sur le	papier à fleurs	10	vibrations.
	„ „	*mailpapier*	2¾	„
	„ „	papier vélin	2½	„
La décharge d'ouverture dure	„ „	papier à fleurs	10½	„
	„ „	*mailpapier*	4	„
	„ „	papier vélin	3	„

La décharge de fermeture commence par une étincelle faible, qui est en retard d'environ $\frac{1}{10}$ de vibration.

La décharge d'ouverture commence par une étincelle forte en retard de $\frac{1}{20}$ de vibration. Ainsi qu'il résulte des chiffres ci-dessus, cette décharge dure un peu plus longtemps que celle de fermeture; ses étincelles, à en juger par l'aspect, sont aussi plus fortes. Nous verrons d'ailleurs plus tard que la décharge d'ouverture est capable de vaincre la résistance d'une couche d'air de 14 mm. d'épaisseur, ou, en d'autres termes, de donner des étincelles de cette longueur, tandis que la décharge de fermeture ne peut donner d'étincelles dépassant 6 mm.

La décharge d'ouverture présente donc à la fois une durée plus longue et une action mécanique plus forte.

Les étincelles obtenues sur *mailpapier* ont les mêmes caractères que celles sur papier vélin de la Pl. II, mais elles ne montrent

pas d'interruptions; on en compte environ 20 par vibration. Les étincelles sur papier à fleurs ne diffèrent que très peu des précédentes.

D'autres expériences furent faites avec un noyau composé d'un faisceau de 45 fils de fer mou, longs de 53½ cm. et épais de 1 mm., de sorte que la faisceau avait une épaisseur totale d'environ 11 mm. Ces fils avaient été rougis, et se trouvaient par suite recouverts d'une couche d'oxyde, qui les isolait suffisamment.

En comparant la masse de fer de ce faisceau à celle du barreau, on voit qu'elle est beaucoup moins considérable. Aussi les courants d'induction obtenus eurent-ils une durée beaucoup plus courte.

La décharge de fermeture dura	sur le	papier à fleurs	1½	vibrations.
	„	„ *mailpapier*	¾	„
	„	„ papier vélin	½	„
La décharge d'ouverture dura	„	„ papier à fleurs	1½	„
	„	„ *mailpapier*	¾	„
	„	„ papier vélin	¼	„

Les décharges ressemblent beaucoup à celles du barreau, à cela près qu'elles s'achèvent en un temps beaucoup plus court. Les étincelles de fermeture s'accusent presque avec la même force que les étincelles d'ouverture, mais le retard est un peu plus grand pour les premières.

Des données qui précèdent, et qui sont de nouveau les moyennes d'un grand nombre d'expériences, il résulte donc que la décharge d'ouverture, sauf sur le papier vélin, dure aussi longtemps que la décharge de fermeture, mais que son retard est moindre.

Des expériences ultérieures, avec éléments de résistance, nous apprendrons que les décharges peuvent donner, à l'ouverture, des étincelles de 6 mm., et, à la fermeture, des étincelles de 5 mm.

Au sujet de ces résultats il convient encore de faire la remarque suivante.

L'assertion ordinaire, que la décharge d'ouverture donnerait des étincelles plus fortes parce qu'elle a une durée plus courte que la décharge de fermeture, ne paraît pas se vérifier ici. Je

regarde comme beaucoup plus probable que la cause doit être cherchée dans l'acroissement plus rapide du courant jusqu'à un maximum d'intensité, car la durée totale a peu ou point d'influence: les résultats obtenus avec le barreau conduiraient même à la conséquence que la cause réside dans la durée plus longue. La durée totale a peu d'influence, mais la faiblesse du retard et la vivacité de la première étincelle sont en rapport, je pense, avec l'énergie de l'action.

A ce cas d'induction se rapporte aussi l'effet de notre inducteur complet de Ruhmkorff, où le faisceau se compose de plusieurs centaines de fils minces de fer mou, tandis que la spirale primaire, beaucoup plus longue que celle employée d'abord, forme trois couches de circonvolutions.

Nous allons étudier avec soin ces courants d'induction énergiques, parce que beaucoup des particularités qu'ils offrent se rencontrent aussi dans les autres cas.

Commençons par enregistrer sur *mailpapier* l'induction produite par une batterie de 10 éléments de Grove. Dans ces expériences nous n'employons pas de condensateur et nous relions le bouton *a* au diapason et *b* au cylindre.

La décharge de fermeture commence par quelques étincelles faibles, mais, après $\frac{1}{3}$ de vibration environ, se montrent déjà des étincelles mieux accusées. La décharge se transforme alors complètement: il vient de fortes étincelles, qui se suivent avec des interruptions de une vibration environ; quelques-unes d'entre elles ne sont pas entourées d'un espace blanc; mais, en regardant contre le jour, on voit, à des distances régulières, les ouvertures passablement grandes. Après 6, 7 ou 8 de ces étincelles, apparaît, sur une longueur de 4, 5, 6 ou 7 vibrations, une série d'étincelles se succédant rapidement, d'abord au nombre de 12 environ par vibration, ensuite plus nombreuses et, dans quelques expériences, montant jusqu'à 30 par vibration. Ces étincelles décroissent régulièrement en intensité vers la fin et se suivent de plus en plus rapidement. La durée totale de la décharge est de 13 à

14 vibrations ou de $\frac{13}{246}$ à $\frac{14}{246}$ de seconde. On distingue ici clairement trois périodes: la première, s'étendant sur $\frac{1}{3}$ de vibration et composée de petites étincelles accroissantes, la seconde, comprenant 6, 7 ou 8 vibrations et dans laquelle les étincelles se suivent avec des interruptions d'environ 1 vibration, enfin la troisième, d'une longueur de 4 à 7 vibrations et qui consiste en une succession rapide d'étincelles décroissantes. Le courant d'induction correspondant à la fermeture s'élève donc en $\frac{1}{3}$ de vibration jusqu'à une certaine intensité, la conserve pendant 6 à 8 vibrations, puis va de nouveau en s'affaiblissant.

Il faut noter ici que, dans la seconde période, parmi les étincelles séparées, il peut s'en rencontrer quelques-unes qui soient remplacées par 3 ou 4 petites étincelles.

Le retard s'élève à $\frac{1}{10}$ de vibration environ.

La décharge d'ouverture, qui succède à celle que nous venons d'étudier, montre un autre caractère, car elle n'a que deux périodes; en outre, toutes les étincelles sont plus vigoureusement marquées que celles de la décharge de fermeture. La première étincelle est ici la plus forte, la seconde ne vient qu'après une interruption de plus d'une vibration, la troisième après une interruption un peu plus courte, et à la quatrième ou cinquième commence la décharge régulière. Celle-ci donne d'abord 6 ou 7 étincelles par vibration, puis environ 12, et, vers la fin, jusqu'à 30. Tout le courant d'étincelles, depuis la première jusqu'à la dernière, est décroissant, quant à la grandeur des étincelles et quant à la durée des interruptions. On pourrait admettre ici, presque à tout aussi bon droit, une période unique, car la période d'interruptions n'est pas limitée nettement.

Le décharge totale dure 14 à 15 vibrations et donne une figure élégante, — semblable à un collier de perles ondulé.

Le retard, dans cette décharge, est plus petit, mais susceptible d'une détermination plus rigoureuse, parce que la première étincelle est forte; il s'élève, dans la plupart des expériences, à $\frac{1}{20}$ de vibration.

La seconde décharge de fermeture est de tout point semblable

à la première, et il en est de même quant aux décharges d'ouverture successives.

La description qui précède est applicable à 25 expériences, exécutées, dans l'espace d'une heure environ, sur une même feuille de papier. La registration du courant primaire, destinée à déterminer le retard, a eu lieu directement après chaque expérience. Sur chaque feuille d'expériences ces étincelles de repère sont situées exactement sur une même ligne droite, ainsi qu'il convient. Les Planches II et III rendent fidèlement toutes ces particularités, mais les interruptions, qui sont si nombreuses et si bien dessinées sur la Pl. III, semblent contredire ce que j'ai dit ci-dessus de celles des décharges de fermeture. Cela tient à ce que, dans l'une comme dans l'autre série d'expériences que reproduisent les deux planches, la communication a été établie entre *a* et le cylindre et entre *b* et le diapason. J'avertirai, par anticipation, que les interruptions ne caractérisent pas les décharges d'ouverture ou de fermeture, mais qu'elles sont modifiées par le mode de liaison. Ce fait ressortirait avec évidence de la comparaison d'un plus grand nombre de figures de décharges, relatives tant à l'un qu'à l'autre mode de liaison.

Après avoir communiqué cette expérience sur *mailpapier*, qui a déjà servi de type antérieurement, nous allons rechercher quelles sont, parmi les particularités citées, celles qui peuvent être regardées comme constantes. A cet effet, nous nous appuierons sur différentes expériences faites d'une autre manière et dans d'autres conditions.

a. Examinons d'abord ce qui a rapport à la durée. Il ne faut pas perdre de vue que le papier qui enveloppe le cylindre agit comme résistance, et qu'il y a par conséquent à tenir grand compte de la nature du papier employé. Plus celui-ci est mince, plus les décharges du courant induit persistent longtemps, et cela pour deux raisons: d'abord, avec du papier plus mince, les dernières petites étincelles de la décharge seront encore visibles; ensuite, et surtout, la résistance moindre du papier mince prolongera la

durée du courant, ce dont on donnera plus loin des preuves frappantes.

C'est grâce à ces deux circonstances que, sur le papier à fleurs, toutes les autres conditions restant les mêmes, on obtient un courant de fermeture qui se prolonge pendant 17 vibrations et un courant d'ouverture d'une durée de 18 vibrations.

Sur le papier vélin glacé, qui est plus épais que le *mailpapier*, la décharge de fermeture dure pendant 5 vibrations et la décharge d'ouverture pendant 8 vibrations. Mais il ne faut pas croire que, sur ce papier plus épais, la queue tout entière des décharges fasse défaut parce que les dernières étincelles, qui sont toujours les plus faibles, n'ont pas eu assez d'intensité pour percer le papier. La durée totale a été raccourcie par suite de la résistance, comme nous le verrons plus tard.

L'emploi du condensateur n'a pas d'influence sur la durée des décharges. Comme il était facile d'opérer alternativement avec ou sans condensateur, j'ai chaque fois examiné l'effet qui en résultait sur la durée, mais sans jamais trouver une action appréciable.

La rapidité d'ouverture et de fermeture n'apporte pas non plus de changement dans la durée, pourvu que cette rapidité ne soit pas assez grande pour que les décharges de fermeture et d'ouverture réagissent l'une sur l'autre. Je pouvais faire tourner le cylindre 1 ou 4 fois par seconde: le nombre de vibrations qui exprimait la durée des décharges n'en restait pas moins le même dans les deux cas.

Il va sans dire que la force de la batterie a de l'influence, mais la durée des décharges ne croît pas proportionnellement au nombre des éléments.

Il est aussi très important de remarquer que la durée de la décharge de fermeture est presque toujours plus petite que celle de la décharge d'ouverture; avec une batterie énergique, les deux décharges sont pareilles sous ce rapport. A l'appui de ces deux faits je citerai quelques observations comparatives faites avec une batterie de 1—10 éléments de Grove.

	Durée de la décharge de fermeture.			Durée de la décharge d'ouverture.		
Nombre d'éléments.	Papier à fleurs.	*Mailpapier.*	Papier vélin.	Papier à fleurs.	*Mailpapier.*	Papier vélin.
1	3 vibr.	0 vibr.	0 vibr.	6 vibr.	2½ vibr.	1½ vibr.
2	6 "	2¼ "	0 "	9 "	6½ "	4 "
3	9 "	5 "	0 "	11 "	7½ "	5 "
4	10 "	7 "	2 "	12 "	8½ "	5½ "
5	13 "	8½ "	2¼ "	14 "	10 "	6½ "
6	14 "	10 "	3 "	14 "	11 "	7 "
7	14 "	11 "	3 "	13 "	11½ "	7 "
8	14½ "	12½ "	3½ "	15 "	12½ "	7½ "
9	15 "	13½ "	3½ "	16 "	13 "	8 "
10	16½ "	14 "	4½ "	17½ "	15 "	8½ "

Je n'ai jamais employé plus de 10 éléments, et dans les expériences avec résistance jamais plus de 4, parce que je craignais de surcharger l'inducteur. Les chiffres rapportés n'indiquent d'ailleurs pas la nécessité d'aller plus loin.

Pour maintenir la batterie autant que possible constante, les lames de zinc doivent être bien amalgamées, de manière que lorsqu'on démonte les éléments, ces lames sortent de l'acide sulfurique étendu avec une surface métallique parfaitement nette; dans ce cas, la batterie reste suffisamment constante pendant plusieurs heures.

Le mode d'union des éléments n'est pas indifférent. Pour vaincre une forte résistance extérieure à la batterie, il faut disposer les éléments à la suite les uns des autres, le zinc du 2e élément relié au platine du 1er, le zinc du 3e au platine du 2e, etc. Ce mode d'union était celui qui convenait le mieux pour mes expériences, car en plaçant les éléments à côté l'un de l'autre, de manière à combiner entre eux tous les pôles zinc et de même tous les pôles platine, l'action obtenue était moins énergique.

Dans les expériences relatives à l'induction voltaïque, où la spirale primaire était plus courte, les deux modes d'union produisaient le même effet.

Le mode de liaison (*a* avec le diapason et *b* avec le cylin-

dre, ou *a* avec le cylindre et *b* avec le diapason) n'a d'influence que sur les interruptions, comme on le verra plus loin.

b. Les interruptions, dont il a déjà été dit quelques mots ci-dessus, méritent bien de faire l'objet d'un examen spécial.

Ainsi que nous l'avons indiqué, elles sont surtout nombreuses dans la 2de période de la décharge de fermeture, lorsque *b* est relié au cylindre et *a* au diapason. Quand on se sert de papier vélin, sur lequel les interruptions sont très longues (quelques-unes de 3 vibrations), on voit distinctement, pendant l'expérience, de la lumière électrique voltiger à la surface du papier, ce qui ne serait pas possible si l'électricité choisissait le chemin le plus court entre la pointe du diapason et le cylindre. De plus, — et ce fait est en relation évidente avec le premier, — il n'est pas rare de trouver en pareil cas, sur le noir de fumée, une ligne ou trace granuleuse et mate, visible sous une incidence oblique de la lumière, et s'étendant sur une partie plus ou moins considérable de l'interruption, jusqu'à l'endroit de l'étincelle précédente, surtout lorsque celle-ci a percé dans le papier un trou relativement grand. La trace mate a le même aspect que si, jusqu'à une certaine distance, de l'électricité avait afflué de chaque point de la sinusoïde vers le trou : partout elle part manifestement, en se dirigeant à peu près par le chemin le plus court, du côté des vibrations tourné vers le trou.

Quand on renverse le courant induit, en reliant le bouton *b* au diapason et *a* au cylindre, ce sont les décharges d'ouverture qui offrent le plus d'interruptions (*v*. Pl. III), tandis que dans le cas précédent elles se montraient surtout dans la décharge de fermeture. La décharge figurée sur la Pl. III peut donc, en ce qui concerne les interruptions, passer aussi bien pour une décharge d'ouverture que pour une décharge de fermeture. Or on sait, d'autre source, que le courant d'induction auquel donne lieu la fermeture a une direction opposée à celle du courant induit à l'ouverture du circuit primaire, de sorte qu'il est certain que la décharge présente d'autres interruptions lorsque l'électricité se rend de *a*, à travers le cylindre, vers le diapason,

que lorsqu'elle prend le chemin opposé. Il est d'ailleurs aisé de comprendre que le cylindre, vu la grande étendue de sa surface, doit exercer une certaine influence. Après avoir façonné en pointe aiguë les extrémités G et S des deux conducteurs d'égale longueur *a* G et *b* S, je les mis en contact avec le cylindre entier. En d'autres termes: je laissai enregistrer les deux électrodes *a* et *b*. A la fermeture du courant primaire, on obtient alors deux tracés à côté l'un de l'autre, et de même à l'ouverture (*v.* Pl. IV). Or, entre le tracé de *a* et celui de *b*, on ne distingue, quant à l'aspect des étincelles, absolument aucune différence; les interruptions seules sont dissemblables. L'électrode *a* donne lors de la fermeture moins d'interruptions que *b*, mais elle en donne plus que *b* lors de l'ouverture. La différence de chemin et par conséquent l'influence du cylindre se manifestent ici avec pleine évidence. Du reste, le fait qu'il se produit de très belles interruptions, d'aussi longue durée que dans la méthode ordinaire, — mais un peu moins nombreuses, parce que la décharge entière, à cause de la double résistance du papier, est plus courte (à côté on enregistrait par la méthode ordinaire), — ce fait prouve que le cylindre, qui n'est ici traversé que sur une très petite partie, n'est pas la cause unique des interruptions. C'est ce que confirment des expériences postérieures (*v.* § 8).

L'épaisseur du papier, ainsi que nous l'avons déjà dit, a une grande influence sur la durée des interruptions, celles-ci étant plus longues sur le papier vélin que sur le *mailpapier*, tandis que sur le papier à fleurs elles sont encore plus courtes que sur le *mailpapier*. Dans quelques expériences même, je n'ai pas obtenu une seule interruption sur le papier à fleurs; mais alors on voit, à des distances d'une vibration entière ou d'une demi-vibration, des étincelles plus fortes, tranchant sur les étincelles plus faibles qui les précèdent et les suivent, de sorte que les espaces vides sont ici remplis par de petites étincelles, ce qui est également une preuve de périodicité.

L'influence de la force de la batterie ressort des chiffres suivants, relatifs à la durée de la première interruption

lors de la décharge d'ouverture, dans 4 expériences sur papier vélin, où l'on employait 1 à 10 éléments de Grove comme batterie inductrice (*v.* Pl. V, sur laquelle sont figurées deux de ces expériences).

	Durée de la première interruption à l'ouverture.			
	1ère expér.	2e expér.	3e expér.	4e expér.
1 élément	0 vibr.	0 vibr.	0 vibr.	0 vibr.
2 "	3/4 "	1 "	1/4 "	1 1/4 "
3 "	1 1/8 "	1 1/8 "	3/4 "	1 1/4 "
4 "	1 1/4 "	1 1/4 "	1 1/4 "	2 1/8 "
5 "	1 3/8 "	1 3/8 "	2 "	2 1/4 "
6 "	2 "	1 3/4 "	2 "	2 3/8 "
7 "	2 1/4 "	1 7/8 "	2 "	2 3/4 "
8 "	2 1/4 "	1 7/8 "	2 "	2 1/2 "
9 "	2 1/4 "	2 3/4 "	2 1/8 "	2 7/8 "
10 "	2 1/4 "	3 "	3 "	3 "

On voit clairement que la durée de la première interruption est plus grande à mesure que la batterie est plus forte.

Ces quatre expériences ont été exécutées (deux à deux) directement l'une après l'autre.

Si les chiffres obtenus dans ces quatre expériences ne sont pas exactement les mêmes, il faut en accuser probablement le défaut d'homogénéité du papier; mais la régularité de leur accroissement, à une exception près, démontre complétement le fait avancé.

A la fermeture, l'interruption est, dans ces mêmes expériences, plus grande avec 10 éléments qu'avec tout autre nombre plus faible, mais l'accroissement n'est pas aussi régulier. On doit aussi tenir compte ici de ce que la décharge de fermeture ne devient bien visible sur ce papier qu'avec une batterie de 5 éléments, et de ce que les premières et faibles étincelles (*v.* plus haut) ne limitent pas nettement les interruptions.

c. L'étude des étincelles, à part les interruptions, ne nous apprend pas grand'chose.

Le nombre des étincelles à la fin de la décharge, sur papier vélin, est ordinairement de 16 par vibration, tant à l'ouverture qu'à la fermeture; sur *mailpapier* il est de 25 à 30, et sur papier

à fleurs encore plus grand. Au milieu, ce nombre est plus petit, de sorte qu'il est parfois impossible de savoir où les interruptions cessent. Dans la plupart des expériences toutefois, après la décharge en étincelles éloignées l'une de l'autre de 3, 2 ou 1 vibrations, commence brusquement la décharge en étincelles de 20 par vibration.

L'examen microscopique des différentes étincelles montre que l'ouverture percée dans le papier est assez grande pour les premières étincelles de la décharge, plus petite pour les suivantes, surtout pour celles de la dernière periode. Quelquefois les trous sont percés obliquement, quelquefois des fibres du papier ou des particules charbonneuses sont restées adhérer à l'intérieur; dans les dernières étincelles les trous sont douteux, mais on continue à observer les espaces blancs qui se voient aussi autour des ouvertures, grandes ou petites, et qui sont dus à ce que les particules de noir de fumée ont été projetées et réunies en particules plus grosses, de sorte que la surface blanche du papier est devenue apparente. Le bord des ouvertures est roussi par combustion; cette partie roussie est visible à l'envers du papier, et toujours la décharge transporte à travers le papier des particules charbonneuses, qu'on retrouve sur le cylindre après en avoir enlevé le papier. Contre la lumière les ouvertures se voient facilement. Entre deux étincelles voisines on ne peut observer aucune différence de forme; il est aussi impossible de distinguer dans quelle direction l'électricité a traversé le papier. Si l'on retourne le papier sur le cylindre, de façon que la pointe du diapason écrive sur la face blanche, il n'en vient pas moins des ouvertures entourées d'une zone blanche sur la face noircie.

§ 4. INFLUENCE D'UNE RÉSISTANCE.

La méthode que nous suivons dans notre étude expérimentale consiste, au fond, à offrir au courant induit la résistance d'un papier mince et à conclure, de l'action produite sur celui-ci, la durée et la marche du courant. Pour savoir quelle est cette durée lorsqu'il n'y a aucune résistance autre que celle des conducteurs, il faudrait employer une méthode n'apportant absolument

aucun obstacle à la propagation du courant. M. le professeur Donders a pu réaliser cette condition à l'aide d'un artifice que j'ai appliqué également, avec une légère modification. M. Donders dit (*Onderzoekingen gedaan op het Physiol. Labor. te Utrecht*, II, 1868—69, p. 317): „Lorsque, la pointe du diapason vibrant étant en contact avec du métal, l'électricité d'induction peut s'écouler immédiatement et d'une manière continue, la décharge dure beaucoup plus longtemps, et, 0,1 sec. (24 vibrations) après l'ouverture, il se décharge encore des étincelles lorsque la pointe vient à passer du métal sur le papier."

Les expériences de M. Donders furent effectuées en enveloppant le cylindre d'une feuille de tain, recouvrant celui-ci de papier, et découpant dans le papier, à l'endroit où devaient se faire les décharges d'ouverture et de fermeture, un triangle rectangle, de manière à fournir à la pointe traçante un contact métallique. Dans tous les tours, les premières étincelles des décharges d'ouverture et de fermeture se trouvaient, sur une ligne parallèle à l'un des côtés de l'angle droit, à une petite distance en avant ou à l'intérieur des triangles respectifs, et la pointe quittait le triangle du côté de l'hypothénuse, après un contact métallique dont l'étendue augmentait successivement, depuis le premier tour, qui correspondait au sommet de l'angle aigu, jusqu'au dernier.

Afin de pouvoir faire photographier l'expérience, j'ai supprimé le tain, qui devait servir à rendre les vibrations visibles, et je me suis borné à découper, à l'aide d'un couteau bien tranchant, des triangles dans le papier enfumé, aux endroits indiqués ci-dessus. La pointe aiguë du diapason, tout en continuant d'appuyer, passait alors du papier sur le cuivre et repassait ensuite sur le papier, sans déchirer celui-ci. Même sur le papier à fleurs l'expérience réussissait toujours très bien.

Le résultat de cette trouée faite dans le papier est donc que, lors de la décharge et pendant un temps plus ou moins long, le courant n'éprouve aucune résistance. Le plus sûr est de laisser tomber sur le papier au moins les premières et les dernières étin-

celles; alors il n'y a pas de doute relativement à la durée, car, à l'aide des vibrations qui précèdent et qui suivent, on peut déterminer, avec un degré suffisant de précision, le nombre des vibrations invisibles que la pointe du diapason a exécutées sur le cuivre. L'expérience est figurée, avec ses résultats, sur la Pl. VI.

Dans le cas du courant induit de 4 bons éléments de Grove, lequel, sur papier vélin, à l'ouverture du circuit primaire, dure pendant $6\frac{1}{2}$ vibrations, le contact métallique produit l'effet suivant:

Décharges d'ouverture.

½	vibr.	sur	papier	2	vibr.	sur	métal	4½	vibr.	sur	papier,	ensemble	7	vibr.
½	"	"	"	3½	"	"	"	4½	"	"	"	"	8½	"
½	"	"	"	8	"	"	"	3½	"	"	"	"	12	"
½	"	"	"	8½	"	"	"	3	"	"	"	"	12	"
½	"	"	"	9½	"	"	"	3	"	"	"	"	13	"
½	"	"	"	11	"	"	"	2½	"	"	"	"	14	"
¾	"	"	"	19	"	"	"	1½	"	"	"	"	21¼	"
1	"	"	"	22	"	"	"	1	"	"	"	"	24	"
1	"	"	"	28	"	"	"	½	"	"	"	"	29½	"
1	"	"	"	25	"	"	"	½	"	"	"	"	26½	"
1	"	"	"	27	"	"	"	½	"	"	"	"	28½	"

Il résulte de ces expériences, surtout des dernières, que le courant, là où il est sans résistance, dure presque 5 fois aussi longtemps.

Sur papier à fleurs, où l'expérience fut appliquée tant aux décharges d'ouverture que de fermeture, la durée de la décharge était, dans les deux cas, de 16 vibrations, et le contact métallique avait l'effet suivant:

Décharges de fermeture.								Décharges d'ouverture.							
Sur papier.		Sur métal.		Sur papier.		Ensemble.		Sur papier.		Sur métal.		Sur papier.		Ensemble.	
1	vibr.	2½	vibr.	13	vibr.	16½	vibr.	1	vibr.	1	vibr.	14½	vibr.	16½	vibr.
½	"	6	"	12	"	18½	"	¾	"	3½	"	12	"	16¼	"
½	"	10	"	10	"	20½	"	¾	"	7	"	10	"	17¾	"
½	"	10½	"	10	"	21	"	¾	"	9	"	9	"	18¾	"
½	"	12	"	7	"	19½	"	¾	"	14	"	6	"	20¾	"
½	"	15	"	6	"	21½	"	¾	"	17½	"	5	"	23¼	"
½	"	16	"	5	"	21½	"	¾	"	18	"	5	"	23¾	"

Une autre série d'expériences sur papier vélin, où le triangle était coupé de telle sorte que, dans les premières expériences, la 1ère étincelle tombait sur cuivre, et dans les suivantes sur papier, me donna les résultats suivants:

Décharges d'ouverture.

Sur papier.	Sur métal.	Sur papier.	Ensemble.
0 vibrations.	¼ vibrations.	5½ vibrations.	5¾ vibrations.
0 "	1½ "	5¼ "	6¾ "
0 "	2½ "	5 "	7½ "
0 "	3 1/3 "	4 "	7⅓ "
0 "	4½ "	4 "	8½ "
0 "	7 "	3½ "	10½ "
0 "	8 "	3½ "	11½ "
Sur le bord.	9½ "	3 "	12½ "
¼ vibrations.	9½ "	2½ "	12¼ "
½ "	18 "	2 "	20½ "
½ "	15½ "	2 "	18 "
1 "	15 "	2 "	18 "
1 "	17 "	2 "	20 "
1¼ "	20 "	2 "	23¼ "
1¼ "	21½ "	1½ "	24¼ "
1¾ "	25 "	¼ "	27 "

Ces expériences nous apprennent deux faits:

1°. Lorsque la résistance est = 0 le courant dure plus longtemps: 5 fois aussi longtemps qu'avec la résistance du papier vélin, et au moins 1½ fois aussi longtemps qu'avec la résistance du papier à fleurs. Ce fait pouvait être prévu, car nous savions déjà que le même courant de 4 éléments dure 6½ vibrations sur papier vélin et 16 vibrations sur papier à fleurs.

2°. Le courant d'ouverture et celui de fermeture ont la même durée. C'est ce qu'indiquaient déjà toutes les décharges, mais l'expérience actuelle sur papier à fleurs, avec résistance nulle, le démontre de nouveau.

Ces deux faits soulèvent naturellement les questions suivantes:

Quelle idée doit-on se faire de la décharge pour expliquer le premier fait et, en même temps, cet autre, trouvé précédemment,

que la première interruption est plus longue à mesure que la batterie devient plus forte?

Comment le second fait peut-il s'accorder avec la théorie ordinaire, d'après laquelle toute l'action du courant induit à l'ouverture est plus énergique que celle du courant de fermeture, parce que la durée est plus courte?

Je ne hasarderai pas d'hypothèses relativement à la première question, attendu que cela a été fait avant moi par d'autres; c'est un point sur lequel nous reviendrons dans nos conclusions.

La réponse à la seconde question a déjà été donnée ci-dessus. (*v. p.* 306.)

A côté de ces expériences se place la suivante de M. Donders, dans laquelle la résistance zéro est remplacée par celle du mica. Quand on colle sur le papier des triangles de mica, de manière que la pointe du diapason glisse sur le mica pendant une fraction de plus en plus grande de la décharge, le courant s'abrége à mesure que la résistance du mica dure plus longtemps. Dans une expérience sur papier vélin, où la décharge d'ouverture de 4 éléments de Grove durait pendant 7 vibrations, 3 vibrations sur mica étaient suffisantes pour supprimer le reste de la décharge.

La résistance ordinaire dont j'ai fait usage est la résistance de l'air entre les deux pointes d'un micromètre à étincelles, introduit dans le fil conducteur qui relie *a* ou *b* au diapason. Avec cette résistance il a été fait un grand nombre d'expériences, qui ont fait ressortir clairement trois faits principaux, savoir:

1° l'action mécanique plus intense de la décharge d'ouverture; 2° un retard qui croît avec la résistance; 3° l'influence du condensateur.

On a employé ici le Ruhmkorff complet, quoique d'abord sans condensateur, et 4 éléments de Grove. Le micromètre à étincelles était introduit dans le fil conducteur allant de *b* au diapason. L'instant de l'ouverture ou de la fermeture du courant primaire était toujours enregistré avec une distance micrométrique = zéro.

Pour les décharges d'ouverture on obtint sur papier vélin les chiffres suivants :

Distance des pointes.	Durée de la décharge.	Retard.
0 millim.	6,4 vibrations.	0,05 vibrations.
1 "	4,8 "	0,05 "
2 "	4,5 "	0,05 "
3 "	4 "	0,05 "
4 "	4,3 "	0,05 "
5 "	3,2 "	0,05 "
6 "	3,2 "	0,06 "
7 "	2 "	0,06 "
8 "	2,5 "	0,12 "
9 "	2,5 "	0,15 "
10 "	1,5 "	0,32 "
11 "	1,9 "	0,33 "
12 "	1,8 "	0,35 "
13 "	1,6 "	0,44 "
14 "	1,5 "	0,51 "
15 "	1,2 "	0,60 "
16 "	0,5 "	0,72 "
17 "	0,25 "	0,68 "
18 "	0,50 "	0,74 "
19 "	1 étincelle.	0,74 "
20 "	0,2 vibration.	0,74 "
21 "	1 étincelle.	0,70 "
22 "	1 "	0,70 "
23 "	rien.	— "

La durée des décharges croît donc à mesure que la résistance augmente, mais non pas dans le même rapport. Si l'on prend les résistances pour abscisses et les durées pour ordonnées, on obtient une ligne de forme parabolique.

Le retard croît avec la résistance jusqu'à un maximum d'environ ¾ de vibration, après quoi il ne paraît pas augmenter davantage, comme on peut le voir plus haut et comme il résulte d'ailleurs de toutes les autres expériences. On pourrait croire qu'il s'agit ici, au lieu d'un retard, de la non-observation de la première étincelle ; mais, pour la décharge d'ouverture, cela n'est pas possible, vu qu'ici la première étincelle est la plus forte et la seule

qui passe jusqu'à ce que la résistance atteigne 23 millimètres d'air.

Relativement à ces résultats, on ne doit pas oublier que la résistance se compose ici d'une partie croissante, due à l'air, et d'une partie constante, due au papier (en négligeant la résistance habituelle, celle du fil conducteur).

Les décharges qu'on obtient en introduisant cette résistance ressemblent parfaitement aux décharges ordinaires, pour ce qui concerne les interruptions, le nombre des étincelles, etc.

Lorsque le micromètre à étincelles est placé entre *b* et le cylindre, on n'observe d'abord aucune différence, mais, avec une résistance plus grande, on conserve la décharge unipolaire constante de *a* (*v.* plus loin), ce qui était à prévoir.

La décharge de fermeture, qui, sur ce papier vélin, avec une distance micrométrique = 0, dure pendant trois vibrations, est déjà entièrement supprimée par une résistance de 2 millimètres. Avec 1 millimètre de résistance j'obtenais encore, parfois, une étincelle unique. C'est là une différence capitale avec la décharge d'ouverture, qui est en état de vaincre une résistance d'air de 22 millimètres.

Mais il ne suffit pas d'avoir reconnu le fait de la prompte cessation des décharges de fermeture, il faut encore voir quelles sont les étincelles qui disparaissent les premières, afin d'en tirer des conclusions relativement à la marche du phénomène.

A cet effet, portons le micromètre à étincelles à des distances plus petites que 1 et expérimentons sur le papier à fleurs. Avec 3 éléments de Grove on obtient alors les résultats suivants:

	Décharges d'ouverture.		Décharges de fermeture.	
Distance des pointes.	Durée.	Retard.	Durée.	Retard.
0 millim.	8½ vibrat.	1/20 vibrat.	8¼ vibrat.	1/20 vibrat.
¼ "	4½ "	1/20 "	1 "	1/8 "
2/4 "	4 "	1/20 "	rien.	————
3/4 "	4 "	1/20 "	"	————
4/4 "	3 "	1/20 "	"	————

De ces expériences et de beaucoup d'autres il résulte donc que la décharge de fermeture, longue de une vibration, qui se

produit encore avec ¼ de millim. de résistance d'air, est répartie sur la première et sur le commencement de la seconde vibration, d'où l'on peut conclure que la décharge ordinaire de 8¼ vibrations a atteint son maximum après une demi-vibration environ, ainsi que nous l'avons déjà avancé précédemment. (*v. p.* 307.)

Les décharges d'ouverture commencent ici, comme partout, par une forte étincelle.

Ces expériences avec 3 éléments de Grove montrent les décharges d'ouverture comme très faibles, mais, quant à la durée, en cas de distance micrométrique zéro, comme aussi longues que les décharges d'ouverture.

Avec 10 éléments de Grove elles sont plus intenses et peuvent déjà vaincre une résistance d'air de 5 millimètres.

Voici les résultats sur papier à fleurs:

	Décharges d'ouverture.		Décharges de fermeture.	
Distance des pointes.	Durée.	Retard.	Durée.	Retard.
1 millim.	15 vibrat.	1/20 vibrat.	13 vibrat.	1/20 vibrat.
2 "	10 "	1/20 "	7½ "	2/20 "
3 "	10 "	1/20 "	7 "	3/20 "
4 "	9 "	1/20 "	7 "	4/20 "
5 "	8 "	1/20 "	6½ "	4/20 "
6 "	8 "	1/10 "	rien	———
7 "	7 "	1/10 "	"	———

On voit que la décharge de fermeture, qui avec 5 millim. de résistance d'air s'étend encore sur 6½ vibrations, s'arrête brusquement pour une résistance plus grande; c'est là un fait très caractéristique.

En outre, cette décharge, qui, étudiée sans résistance d'air, ne montre pas d'interruptions proprement dites, mais des étincelles périodiquement plus fortes, commence, en cas de résistance de 1, 2, 3, 4 et 5 millim. d'air, par ½ vibration d'étincelles faibles et croissantes, et offre alors, pendant 4 vibrations, des interruptions telles qu'on ne trouve qu'une couple d'étincelles par vibration; ensuite, il vient encore, sur une longueur de 2 à 2½ vibrations, des étincelles serrées les unes contre les autres, d'environ 20 par

vibration. Ces deux faits corroborent ce que nous avons dit antérieurement de la division du courant de fermeture en 3 périodes.

Lorsqu'on exécute les mêmes expériences avec le condensateur, on observe deux grandes différences. D'abord on peut pousser la résistance beaucoup plus loin lors de la décharge d'ouverture, et ensuite le retard est beaucoup plus petit.

Pour introduire le condensateur dans le circuit primaire, on a relié le bouton de cuivre C avec D, et B avec A.

Avec une batterie de 4 éléments de Grove j'ai fait, à une demi-heure d'intervalle, les deux expériences suivantes sur papier à fleurs; à ce moment, la batterie était déjà en action depuis 5 heures, de sorte que sa force ne peut avoir varié beaucoup pendant ces deux expériences.

Décharges d'ouverture.

Sans condensateur.			Avec condensateur.		
Distance des pointes.	Durée.	Retard.	Distance des pointes.	Durée.	Retard.
0 millim.	13 vibr.	0,05 vibr.	0 millim.	13 vibr.	0,05 vibr.
2 "	5¼ "	0,05 "	2 "	5½ "	" "
4 "	4 "	0,07 "	4 "	4½ "	" "
6 "	3½ "	0,10 "	6 "	3½ "	" "
8 "	3 "	0,14 "	8 "	3 "	" "
10 "	2½ "	0,10 "	10 "	2 2/3 "	" "
12 "	2 "	— "	12 "	2 "	" "
14 "	1½ "	0,13 "	14 "	1½ "	" "
16 "	1 "	0,12 "	16 "	1½ "	" "
18 "	1 "	0,20 "	18 "	1½ "	" "
20 "	½ "	0,27 "	20 "	1¼ "	" "
22 "	1/3 "	0,42 "	22 "	1¼ "	" "
24 "	une étinc.	0,48 "	24 "	1¼ "	" "
26 "	rien.	— "	26 "	1 "	" "
			28 "	1 "	" "
			30 "	¾ "	0,09 "
			32 "	¾ "	— "
			34 "	¾ "	0,09 "
			36 "	½ "	0,10 "
			38 "	½ "	0,10 "
			40 "	1/3 "	0,10 "
			42 "	une étinc.	0,10 "
			44 "	"	— "

Le condensateur accélère donc le courant d'ouverture, prolonge sa durée et lui fait vaincre une plus grande résistance.

Les décharges de fermeture cessèrent complétement, dans les deux cas, pour une résistance de 2 millimètres.

Sur papier vélin, avec 4 éléments plus forts, j'obtins les nombres suivants :

Décharges d'ouverture.

Sans condensateur.			Avec condensateur.		
Distance des pointes.	Durée.	Retard.	Distance des pointes.	Durée.	Retard.
25 millim.	une étinc.	0,62 vibr.	25 millim.	1 vibr.	0,17 vibr.
30 "	rien.	— "	30 "	2 étinc.	0,14 "
35 "	"	— "	35 "	1 "	— "
			40 "	1 "	0,20 "
			45 "	1 "	0.22 "
			50 "	1 "	0.20 "
			55 "	1 "	0,21 "
			60 "	1 "	0,20 "
			65 "	1 "	0.25 "

nombres d'où les conclusions tirées plus haut ressortent avec encore plus de force.

§ 5. COURANTS D'INDUCTION RENFORCÉS PAR UNE BOUTEILLE DE LEYDE (voir Pl. VIII).

Le renforcement des décharges des courants d'induction par une bouteille de Leyde est un fait connu.

Dans mes expériences, la bouteille était placée entre *a* et *b* (*v.* Pl. I), de telle sorte que *a* communiquait avec l'armature extérieure de la bouteille et *b* avec l'armature intérieure, ou vice-versâ, ce qui n'amène aucune différence.

L'électricité induite qui vient des extrémités *a* et *b* de la spirale secondaire se répand alors sur les armatures de la bouteille, — celle de *a* sur l'armature extérieure, celle de *b* sur l'armature intérieure, — où elle se condense; mais immédiatement après elle se décharge, par les conducteurs *a* G et *b* S, entre la pointe du diapason et le cylindre. Elle ne retourne pas dans la spirale secondaire; c'est ce qu'établissent les expériences.

Ces décharges sont beaucoup plus fortes que les décharges ordinaires, bien qu'elles aient une durée au moins égale. Les étincelles individuelles ont un autre aspect: elles sont plus irrégulières, et les espaces blancs autour des ouvertures sont beaucoup plus larges et se confondent entre eux. Les ouvertures ont aussi un tout autre caractère: si, précédemment, elles paraissaient comme brûlées, maintenant elles ressemblent à des trous percés dans le papier au moyen d'une pointe aiguë, et autour desquels le papier montrerait un bord relevé; ce bord est relevé aussi bien à l'ouverture qu'à la fermeture du courant primaire et soit que *a* ou *b* communique avec le diapason, de sorte qu'on serait conduit à penser que l'électricité a *toujours* marché du cylindre, à travers le papier, vers la pointe du diapason, ce qui pourtant ne peut avoir été le cas. Mais on doit être prudent dans les inductions sur la direction, car il y a ici encore autre chose à voir. Les étincelles sont liées entre elles; on dirait que chaque étincelle a une queue qui l'unit à la suivante, parfois à une suivante qui n'a pas percé de trou; de sorte qu'il semblerait que l'électricité qui arrive perce une ouverture et que celle qui marche en sens opposé prend son chemin par cette même ouverture.

Le nombre des étincelles est, sur papier vélin, plus petit que dans les décharges sans bouteille de Leyde, mais nous avons ici une autre distribution. D'abord, il n'y a pas d'interruptions, de sorte que la décharge sur *mailpapier*, par exemple, commence immédiatement par des étincelles au nombre d'une vingtaine sur chaque vibration; ce nombre devient plus petit vers la fin de la décharge, et les dernières vibrations ne comptent que 6 ou 8 étincelles, ou moins encore. Au contraire, sans bouteille dans le circuit, les décharges montrent, dans le même cas, beaucoup d'interruptions et un nombre d'étincelles qui croît vers la fin.

Le papier à fleurs, sur lequel j'enregistrai avec et sans bouteille de Leyde, au moyen de 5 éléments de Grove, accusait aussi cette différence très-distinctement:

Décharges d'ouverture.

Avec bouteille de Leyde.		Sans bouteille de Leyde.	
Durée totale.	Nombre d'étincelles.	Durée totale.	Nombre d'étincelles.
14½ vibr.	sur la 1e vibr. 24	13 vibr.	sur la 1e vibr. 10
	" " 3e " 24		" " 3e " 12
	" " 7e " 20		" " 7e " 20
	" " 12e " 12		" " 12e " 24
	" " dernière " 8		

Décharges de fermeture.

Avec bouteille de Leyde.		Sans bouteille de Leyde.	
Durée totale.	Nombre d'étincelles.	Durée totale.	Nombre d'étincelles.
13 vibr.	sur la 1e vibr. 30 environ.	12½ vibr.	sur la 1e vibr. 30 environ.
	" " 3e " 30 "		" " 3e " 30 "
	" " 7e " 30 "		" " 7e " 30 "
	" " 12e . 12 "		" " 12e " 40 "

Dans les décharges d'ouverture sans bouteille de Leyde on voit en outre quelques étincelles plus grandes que les autres, mais dans celles avec bouteille de Leyde les étincelles décroissent régulièrement en grandeur et en nombre.

Le retard est à peu près le même dans les deux cas.

La durée totale des décharges est, avec bouteille de Leyde, un peu plus longue, ainsi qu'il ressort des chiffres ci-dessus.

Lorsqu'on introduit un micromètre à étincelles dans la partie *b* S du circuit, les décharges de fermeture s'arrêtent. La décharge d'ouverture donne un coup intense et marque sur le papier un petit nombre d'étincelles, entourées de larges espaces d'un blanc mat; avec 25 millimètres de distance des pointes et sans condensateur, il ne passe plus qu'une seule de ces étincelles, qui est en retard de ¾ de vibration. Cette décharge est incapable de vaincre une résistance plus grande, tandis que la décharge sans bouteille de Leyde pouvait surmonter, dans ce cas, une résistance de 40 mm. d'air et avait alors le même retard.

En résumant les résultats, nous voyons que les décharges avec bouteille de Leyde dans le circuit sont plus intenses, qu'elles n'ont pas d'interruptions, qu'elles sont un peu plus longues que les décharges ordinaires, que le nombre d'étincelles

est plus petit et diminue vers la fin de la décharge, et que celle-ci est moins apte à vaincre la résistance de l'air.

Il n'y a d'ailleurs rien d'étonnant à ce que ces décharges s'éloignent tant des décharges ordinaires, car nous avons affaire ici à un phénomène tout différent : l'électricité s'accumule d'abord sur les armatures de la bouteille de Leyde, et ce n'est qu'ensuite qu'elle se décharge.

§ 6. INFLUENCE RÉCIPROQUE DES COURANTS D'OUVERTURE ET DE FERMETURE.

La méthode suivie dans nos recherches est combinée de manière à maintenir toujours séparées les décharges d'ouverture et de fermeture, afin de pouvoir les étudier chacune à part. Quant à ce qui doit arriver lorsque les deux courants peuvent agir l'un sur l'autre, il est possible de le prévoir jusqu'à un certain point; car, de quelque manière qu'on se représente les actions d'induction, celles qui se manifestent à l'ouverture du courant primaire doivent toujours être en sens contraire de celles auxquelles donne lieu la fermeture de ce courant, de sorte qu'on peut s'attendre, dans ces expériences, à une neutralisation ou un renversement réciproque. Lorsqu'on ferme par exemple le circuit primaire, le noyau devient magnétique et induit un courant dans la spirale secondaire; si alors on ouvre le circuit avant que le noyau ait pris le maximum de magnétisme, il se produit un renversement ou une destruction totale ou partielle du magnétisme et par conséquent aussi du courant induit. La question est seulement de savoir avec quelle rapidité ce renversement ou cette destruction de courants peut se faire.

En collant des bandelettes de papier sur le cuivre, ou de tain sur l'ivoire de l'anneau du cylindre, je réussis aisément à faire se succéder l'ouverture et la fermeture en un temps moindre que celui qui est nécessaire aux courants pour s'écouler. La décharge ordinaire d'ouverture de 10 éléments de Grove, de force médiocre, durait sur *mailpapier* 8 vibrations, et la décharge de fermeture 6 vibrations, tandis que l'ouverture avait lieu parfois moins d'une vibration après la fermeture.

Lorsque la rupture du circuit primaire s'effectuait ½ vibration après la fermeture, la fin de la décharge de fermeture et toute la décharge d'ouverture étaient perdues; lorsque la rupture s'opérait après ¾ de vibration, j'obtenais pendant ½ vibration des étincelles d'ouverture. Il en était de même dans le cas opposé: en fermant de nouveau, 2 vibrations après l'ouverture du circuit primaire, rien ne se produisait sur le papier; en fermant après 3 vibrations, j'obtenais pendant 2 vibrations des étincelles de fermeture, qui apparaissaient très rapidement. Les étincelles d'ouverture décroissent rapidement par le renversement, et $^1/_{20}$ de vibration après la dernière et très petite étincelle d'ouverture se montre déjà la première étincelle de fermeture, de sorte que le passage d'une décharge à l'autre a lieu en $^1/_{20}$ de vibration.

Le tableau suivant présente une série passablement régulière (ce qui du reste ne s'obtient pas à volonté par cette méthode):

Fermer après une décharge d'ouverture de 2 vibr. donne									rien.					
"	"	"	"	"	"	3	"	"	2 vibr. de déch. de ferm.					
"	"	"	"	"	"	3½	"	"	2½	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	4	"	"	3	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	5	"	"	4	"	"	"	"	"

La première ligne de ce tableau ne prouve pas encore directement qu'il y a eu destruction; mais j'ai mis le fait hors de doute par une expérience postérieure. En effet, quand, après 3 vibrations, j'ouvrais de nouveau, le courant produit avait sa durée normale de 8 vibrations, ce qui eût été impossible s'il était encore resté quelque action confuse.

Ces expériences mettent de nouveau en lumière la vitesse prodigieuse de l'électricité, puisque le renversement du courant peut, dans le temps excessivement court de $^1/_{20}$ de vibration ou $^1/_{4920}$ de seconde, se propager jusqu'à l'extrémité de la spirale secondaire longue de 100,000 mètres.

Pour certaines expériences physiologiques, ces résultats ont de l'intérêt sous un autre rapport: lorsqu'on introduit un micromètre à étincelles dans le circuit induit, et qu'on place les pointes à

une distance telle qu'il ne passe qu'une seule étincelle, on peut, en fermant immédiatement après, obtenir, au bout de $^1/_{50}$ de seconde, une seconde étincelle d'ouverture, de même force que la première.

§ 7. INDUCTION UNIPOLAIRE.

Jusqu'à présent nous avons toujours réuni les deux extrémités de la spirale secondaire, ou au moins nous les avons placées à une distance assez petite pour que l'étincelle de décharge du courant d'induction pût jaillir de l'une à l'autre. Maintenant il s'agit d'examiner si l'on observe aussi une action d'induction aux extrémités de la spirale secondaire non fermée. Nous savons déjà d'autre source qu'il en est réellement ainsi. M. Du Bois-Reymond (*Jahresberichte*, 1845) désigne ces phénomènes de tension sous le nom d'induction unipolaire, induction qu'il ne faut pas confondre avec celle de même nom, qui prend naissance par la rotation d'un aimant autour de son axe et qui a été étudiée par M. Weber.

Pour enregistrer les décharges unipolaires, je reliais l'un des boutons *a* ou *b* avec le diapason, tandis que l'autre restait isolé.

Ces décharges durent peu de temps, mais elles se composent également d'étincelles distinctes.

Avec 10 éléments de Grove j'obtins sur *mailpapier*, *a* communiquant avec le diapason et *b* étant isolé, une décharge de fermeture très faible, de ¼ de vibration et de 4 étincelles; mais, par contre, une décharge d'ouverture de 1½ vibration. Lorsque *b* communiquait avec le diapason et que *a* était isolé, la décharge de fermeture durait 1¼ vibration et celle d'ouverture 1½ vibration.

Quand, l'une des électrodes communiquant avec le diapason, l'autre est rattachée à une conduite de gaz, les décharges sont déjà beaucoup plus énergiques:

a donne alors à la fermeture		une décharge	de	2½	vibrations.	
„ l'ouverture	„	„	„	4½	„	
b donne alors à la fermeture	„	„	„	5½	„	
„ l'ouverture	„	„	„	4	„	

Une particularité qui paraît appartenir exclusivement aux décharges unipolaires est la suivante. Les décharges, qui se font sans communication de *a* ou *b* avec la conduite de gaz, se composent manifestement de deux parties: la 1ère commence par une étincelle assez forte; les étincelles suivantes décroissent, jusqu'à ce que la décharge ait duré environ une demi-vibration; alors vient une interruption, et ensuite la 2de partie, qui est tout-à-fait semblable à la première, sauf que ses étincelles sont un peu plus fortes.

Les expériences avec résistance montrent que les décharges unipolaires ne sont pas aussi faibles qu'elles le paraissent; et dans ces expériences la particularité précédente apparaît de nouveau, sous une autre forme.

Lorsque j'introduisis, en effet, un micromètre à étincelles dans le circuit entre *a* et le diapason, *b* restant isolé, et ensuite dans le circuit entre *b* et le diapason, *a* restant isolé, j'obtins avec des résistances croissantes, sur *mailpapier*, les résultats suivants:

Décharges d'ouverture.

De *a*.			De *b*.		
Distance des pointes.	Durée.	Retard.	Distance des pointes.	Durée.	Retard.
0 millim.	1 vibr.	1/20 vibr.	0 millim.	1 vibr.	1/20 vibr.
2 "	1 "	2/20 "	2 "	1 "	2/20 "
4 "	1 "	3/20 "	4 "	¾ "	3/20 "
6 "	½ "	10/20 "	6 "	¾ "	3/20 "
8 "	¼ "	11/20 "	8 "	¼ "	12/20 "
10 "	¼ "	11/20 "	10 "	¼ "	14/20 "
12 "	une étincelle	12/20 "	12 "	¼ "	14/20 "
14 "	" "	13/20 "	14 "	une étincelle	14/20 "
16 "	" "	13/20 "	16 "	" "	15/20 "
18 "	rien	—	18 "	rien	—

La décharge de *a* fait, entre 4 et 6 millimètres de distance des pointes, un saut en durée et en retard, ce qui est dû à ce que la 1ère partie (voir ci-dessus) disparaît à ce moment, après avoir déjà subi une réduction dans les décharges précédentes. La même chose a lieu pour la décharge de *b* lorsque la distance des pointes passe de 6 à 8 millimètres.

Avec le condensateur, l'induction unipolaire est capable de vaincre une résistance de 38 millimètres. On voit alors se reproduire les propriétés du condensateur dont il a été parlé p. 322.

§ 8. IMAGES DES ÉTINCELLES DE DÉCHARGE.

(Voir Pl. IX et X).

Par une légère modification de la méthode habituelle, je suis parvenu à obtenir sur le papier de très belles images des différentes étincelles de la décharge des courants d'induction, images qui offrent de l'intérêt, comme formant la contre-partie de celles de Feddersen.

Lorsqu'on laisse écrire sur le cylindre, ainsi que nous l'avons déjà fait au § 3*b*, les deux extrémités, terminées en pointe aiguë, de la spirale induite, le courant est enregistré par une double série d'étincelles. Le courant passe alors d'une des électrodes, par le papier, par une partie du cylindre et de nouveau par le papier, dans l'autre électrode, ou vice-versâ.

Mais lorsque les extrémités sont assez rapprochées pour que l'électricité préfère cheminer au-dessus du papier plutôt que de le traverser deux fois, alors, surtout si les électrodes ont leurs pointes tournées l'une vers l'autre, l'électricité s'écoule entre elles en rasant la surface du papier, et elle est forcée d'imprimer sa route dans le noir de fumée. Chaque étincelle marque ainsi sa trace, et la décharge entière se traduit par une série d'images.

Cette trace est composée de trois parties. La partie moyenne figure une ligne noire très fine, formée par de la suie restée en place, ainsi qu'on le reconnaît facilement au microscope; de part et d'autre de cette ligne, et perpendiculairement à sa direction, la suie a été chassée, de sorte que deux bords blancs limitent la ligne noire. On dirait, d'après cet aspect, que l'étincelle elle-même est sans action mécanique, mais que celle-ci est due à l'air échauffé, qui s'échappe des deux côtés, en enlevant la suie. Quand on tourne très rapidement, chaque décharge d'ouverture et de fermeture est analysée en une série de ces images d'étincelles.

Les décharges, qui se font sans bouteille de Leyde dans le

circuit induit, commencent par une étincelle unique; vient alors une interruption de quelques vibrations, puis une série de plusieurs étincelles très rapprochées. Ces longues interruptions doivent être attribuées en partie à des étincelles qu'on voit jaillir à une certaine distance du papier, entre d'autres points que les extrémités des électrodes, en dépit de ce que celles-ci offrent à l'électricité le chemin le plus court.

Lorsqu'on place les électrodes écrivantes à une distance telle que la résistance à travers le papier et le cylindre soit égale à la résistance à travers la suie qui recouvre le papier, on obtient des décharges alternatives. Celles qui traversent le papier sont marquées, de même que plus haut au § 3*b*, par de petits trous, entourés chacun d'un espace blanc et disposés sur les lignes droites que tracent les électrodes; les décharges qui rasent le papier sont indiquées par les trois parties décrites ci-dessus. On peut de cette manière obtenir des alternatives dans une seule et même décharge, et alors on reconnaît bientôt que la ligne noire remplace le trou, tandis que les bords blancs représentent la zone blanche circulaire qui entoure le trou.

Quand on introduit une bouteille de Leyde dans le circuit induit, les étincelles deviennent beaucoup plus fortes, mais elles donnent du reste les mêmes images. Ces décharges consistent en étincelles sans interruptions (Voir p. 324), de sorte qu'elles se montrent très régulières, sous forme d'une série de figures elliptiques, qui se dessinent surtout nettement lorsque les pointes écrivantes ne font que toucher légèrement le papier. Quand les pointes n'écrivent pas, mais sont à une très petite distance de la surface enfumée qui tourne au-dessous d'elles, on obtient, au lieu d'ellipses, des bandes d'un blanc mat, qui ressemblent parfaitement aux figures données par M. Feddersen de la décharge d'une bouteille de Leyde chargée d'électricité statique (Voir Pl. VII, fig. 20, dans *Pogg. Ann.* CXIII). Si l'on place les pointes très près l'une de l'autre sur le cylindre, on obtient, en tournant très rapidement, des figures plus circulaires, parce que la ligne noire et les bords blancs s'élargissent.

Pour avoir des images bien belles et bien grandes, je fis parcourir à l'électricité des chemins plus longs. A cet effet, je recouvris le cylindre de papier épais, de façon que, même en écartant beaucoup plus les électrodes entre elles (à 1 centimètre), l'électricité n'en passât pas moins à la surface du papier, au lieu de le traverser. La durée des décharges diminue dans ce cas, et de même le nombre des étincelles, mais celles-ci sont beaucoup plus longues et plus larges. Tantôt l'image de chaque étincelle, composée de trois parties parallèles, reste entière et forme une ligne en zigzag, une ligne ramifiée ou une ligne courbe; tantôt elle se résout en deux portions symétriques, ou parfois non symétriques, qui représentent deux flammes dirigées l'une vers l'autre.

Quelque belles et détaillées que soient ces figures, il m'est impossible d'indiquer, dès à présent, les faits qui peuvent être regardés comme constants. La forme des électrodes, leur distance mutuelle, leur pression plus ou moins forte sur le papier, etc. ont une trop grande influence, pour qu'on puisse esquisser l'image dans ses traits généraux. Les figures des Pl. IX et X ne font connaître que quelques formes particulières.

Il est certain que ces images ne le cèdent en rien à celles de Feddersen en finesse de détails, de sorte que j'ai l'intention d'exécuter par la même méthode, mais avec des appareils perfectionnés, toute une nouvelle série d'expériences.

Observation générale. Le lecteur pourrait objecter que tous les faits énumérés jusqu'ici traduisent peut-être très exactement les propriétés du grand inducteur de Ruhmkorff dont j'ai fait usage, mais non les propriétés des courants galvaniques induits en général. Pour le tranquilliser, je dirai que j'ai aussi expérimenté avec un plus petit inducteur de Ruhmkorff et avec l'appareil à traîneau de du Bois-Reymond, et que ces expériences ont fourni des résultats analogues; mais ces inducteurs avaient une action trop faible pour que les courants pussent être étudiés convenablement dans toutes les circonstances.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En renvoyant pour les nombreux détails aux pages précédentes, je rappellerai ici brièvement les faits principaux qui ont été mis au jour.

1°. Les courants dus à l'induction voltaïque pure sont très faibles (à peine sensibles physiologiquement), et durent, sur papier à fleurs, 0,002 seconde à la fermeture et 0,0013 seconde à l'ouverture. Dans ces expériences, la batterie inductrice se composait de 10 éléments de Grove, la spirale primaire de 30 mètres de fil de cuivre épais de $2\frac{1}{4}$ millim. et recouvert de soie; la spirale secondaire était celle du grand inducteur de Ruhmkorff.

Ces décharges se composent, de même que toutes les suivantes, d'étincelles séparées; le retard de la décharge, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'ouverture ou la fermeture du courant primaire et la première étincelle du courant d'induction, est un peu moindre à l'ouverture qu'à la fermeture, — inférieur, dans les deux cas, à $\frac{1}{20}$ de vibration (1 vibration $= \frac{1}{246}$ de seconde).

2°. Lorsqu'on introduit des noyaux de fer dans cette spirale primaire, les courants induits deviennent beaucoup plus énergiques et de plus longue durée. Un barreau de 82 centim. de longueur et 2,2 centim. d'épaisseur donne, avec la même batterie inductrice, des courants qui, sur papier à fleurs, durent 10 vibrations à la fermeture et $10\frac{1}{2}$ vibrations à l'ouverture. Le retard de la décharge est de nouveau plus court lors de l'ouverture que lors de la fermeture. Les courants d'ouverture peuvent traverser une couche d'air de 14 millim., ceux de fermeture une couche de 6 millim. seulement. Si, à la place du barreau, on introduit dans la spirale primaire un faisceau de 45 fils de fer longs de $53\frac{1}{2}$ centim. et épais de 1 millim., on obtient des courants induits de plus courte durée qu'avec le barreau, mais qui reproduisent, du reste, les mêmes particularités.

3°. Le Ruhmkorff complet donne les courants les plus énergiques et nous apprend les faits suivants:

a. Les décharges se composent de centaines d'étincelles distinctes, qui, d'abord séparées par des interruptions, se suivent ensuite régulièrement, en augmentant en nombre et diminuant en grandeur. Dans les décharges d'ouverture c'est la première étincelle qui est la plus forte, dans les décharges de fermeture ce sont les étincelles de la 2ème vibration.

b. La durée des décharges d'ouverture et de fermeture est la même, au moins quand la résistance est faible; sur papier à fleurs, par exemple, elles durent l'une et l'autre 17 à 18 vibrations. Une plus grande rapidité d'ouverture ou de fermeture n'a pas d'influence appréciable sur la durée. La durée des décharges croît avec le nombre des éléments de la batterie, mais non dans le même rapport.

c. Les interruptions entre les étincelles sont tantôt plus nombreuses dans les décharges de fermeture et tantôt dans les décharges d'ouverture, suivant que l'électrode *a* communique avec le diapason ou avec le cylindre. Toutefois, quand on laisse les deux électrodes écrire sur le cylindre, on n'en trouve pas moins des interruptions dans le tracé double de chacune des décharges, de sorte que ces interruptions doivent être une conséquence du mouvement de l'électricité dans les conducteurs. La première interruption des décharges d'ouverture croît régulièrement avec la force de la batterie, celle des décharges de fermeture croît aussi, mais moins régulièrement.

d. Le retard des décharges d'ouverture est de $\frac{1}{20}$ de vibration ou moindre; celui des décharges de fermeture est de $\frac{1}{10}$ de vibration ou moindre.

e. Les expériences sans résistance (les extrémités de la spirale secondaire étant en contact métallique) apprennent que, dans ce cas, toutes les décharges durent beaucoup plus longtemps; réciproquement, une grande résistance, par exemple celle du mica, raccourcit la durée.

f. Lorsque les décharges ont à vaincre une couche

d'air entre les pointes d'un micromètre à étincelles, les décharges de fermeture disparaissent déjà entièrement, même avec les courants les plus énergiques, pour une distance de 5 millim. entre les pointes. A mesure que la résistance de l'air augmente, la décharge d'ouverture décroît régulièrement en durée et montre un retard croissant. L'influence du condensateur est ici très appréciable: des courants d'ouverture qui, pour une distance des pointes égale à 24 mm., sont réduits à une seule étincelle et ont un retard de 0,48 vibration, peuvent, avec le secours du condensateur, franchir une distance de 42 mm. entre les pointes, en n'accusant qu'un retard de 0,1 vibration.

g. Une bouteille de Leyde, introduite dans le circuit secondaire, renforce en apparence les décharges, qui alors font plus de bruit et impriment leurs étincelles plus fortement sur le papier; mais ces décharges ne peuvent vaincre une aussi grande résistance que les décharges ordinaires. Les étincelles diminuent en nombre vers la fin des décharges et elles se succèdent sans interruptions.

h. Si la succession des ouvertures et des fermetures est assez rapide pour que les courants d'induction n'aient pas le temps de s'écouler régulièrement, on obtient une destruction totale ou partielle de l'action, et un passage brusque (en $\frac{1}{20}$ de vibration) d'une des décharges à l'autre.

i. Les décharges unipolaires sont de courte durée ($1\frac{1}{2}$ vibration), se composent aussi d'étincelles séparées et peuvent vaincre des résistances presque aussi grandes que les décharges ordinaires. Les deux extrémités de la spirale secondaire donnent les mêmes décharges. On peut prolonger la durée de la décharge à l'une des deux extrémités en faisant communiquer l'autre avec la terre.

k. Les images des décharges, qui peuvent être regardées comme une analyse ultérieure des étincelles, ne nous ont appris jusqu'ici, outre les choses déjà trouvées, qu'un seul fait nouveau concernant le mode de décharge, savoir, que ce n'est

pas l'étincelle elle-même, mais l'air qu'elle traverse, qui paraît exercer l'action mécanique.

Quelques-uns des faits que nous avons constatés tendent à confirmer la théorie mathématique par laquelle on a cherché à relier entre eux les phénomènes de l'induction voltaïque pure. Les résultats relatifs à cette induction s'accordent assez bien avec ceux qui ont été obtenus par M. Beetz, bien que notre méthode ne soit pas la meilleure pour l'observation de ces courants faibles. Les calculs de M. du Bois-Reymond sont aussi confirmés par nos expériences.

Plusieurs faits nouveaux se trouvent toutefois complétement isolés et pourront servir à l'édification d'une théorie des décharges électriques, pour laquelle d'autres matériaux ont déjà été fournis.

Parmi ces faits nouveaux je citerai:

1°. La décharge en étincelles distinctes, qui se montre aussi dans les images du § 8.

2°. L'accroissement du nombre de ces étincelles vers la fin des décharges.

3°. L'égalité de durée des décharges d'ouverture et de fermeture, en cas de résistance nulle ou faible, bien que les décharges d'ouverture puissent vaincre une résistance beaucoup plus grande.

4°. Les interruptions, — et spécialement l'accroissement de la première interruption à mesure que la force de la batterie augmente.

5°. La prolongation des décharges par le contact métallique des électrodes, et leur raccourcissement par une résistance, telle que celle du mica par exemple.

6°. L'accroissement du retard à mesure que la résistance augmente.

Au sujet de ces faits je présenterai encore les observations suivantes.

Nous apprenons à connaître les courants d'induction par leurs effets. Parmi ceux-ci, les phénomènes de lumière et de chaleur, les actions physiologiques et magnétiques ont déjà été bien étudiés. Je me suis servi exclusivement d'une méthode propre surtout à faire connaître les actions mécaniques, et il n'est donc pas étonnant que nous ayons trouvé des faits donnant de la décharge mécanique

une notion à laquelle la plupart des autres méthodes ne pouvaient conduire.

Cette notion est celle de la décharge oscillante.

Ce caractère d'oscillation se trouve aussi dans la décharge d'une bouteille de Leyde chargée d'électricité statique, ainsi qu'il a été prouvé par M. Feddersen (*Pogg. Ann.*, CXIII et CXVI), qui, à l'aide d'un miroir animé d'une rotation rapide, a projeté l'image de l'étincelle sur une plaque préparée photographiquement et a obtenu ainsi une représentation qui indiquait des mouvements de va-et-vient de l'électricité.

Pour les décharges des courants galvaniques induits je rappellerai, comme ayant montré des faits analogues, les expériences récentes de M. Helmholtz, dont on trouve un résumé, sous le titre de „Ueber die electrische Oscillationen", dans les *Verhandlungen des naturhistorischen medizinischen Vereins zu Heidelberg*, 1869. M. Helmholtz a pu observer sur un nerf de grenouille 45 maxima et minima de la décharge entre les armatures d'une bouteille de Leyde, et les mêmes oscillations se sont manifestées dans les décharges unipolaires sans bouteille de Leyde.

Les indications qui précèdent ont uniquement pour but de provoquer un examen approfondi des faits que j'ai observés, car je sais parfaitement qu'il appartient à des juges plus compétents de décider si mes expériences peuvent réellement contribuer en quelque chose à la connaissance des phénomènes encore si énigmatiques de l'électricité.

REMARQUES CONCERNANT LES PHOTOGRAPHIES.

Neuf expériences, choisies dans ma riche collection, seront suffisantes pour rendre intelligible le langage des vibrations et faire connaître en même temps quelques-unes des principales décharges, telles qu'elles se montrent en réalité. Dans ce choix j'ai été guidé par les considérations suivantes:

1°. Le papier vélin et le *mailpapier* étaient les seuls qui se prêtassent aux manipulations photographiques, de sorte qu'on n'a pu reproduire aucune des expériences délicates sur papier à fleurs.

2°. Certains courants s'enregistraient si faiblement, par exemple ceux de l'induction voltaïque pure et de l'induction unipolaire, que la description satisfaisait mieux que la représentation.

3°. Quelques faits se montraient uniquement sous le microscope et disparaissaient dans la photographie.

4°. D'autres faits ne ressortaient qu'après élimination des circonstances accessoires, par la comparaison d'expériences variées, qui, chacune séparément, n'apprenaient rien.

Pour la parfaite intelligence de la méthode, il ne faut pas perdre de vue que les photographies sont des images négatives, car les expériences originales forment des dessins blancs sur fond noir. Dans ces photographies toutes les décharges vont de gauche à droite.

Les décharges déréglées ou intempestives, qui se trouvent sur la Planche II en bas et dans la sixième registration à partir du bas, sur la Planche IV en bas à gauche, et sur la Planche VIII au milieu, proviennent de légères traces d'impuretés qui se formaient de temps en temps sur l'anneau du cylindre.

Au sujet de chaque planche en particulier, j'ai à faire les remarques suivantes:

Les Planches II et III donnent les décharges ordinaires sur *mailpapier* quand *b* communique avec le diapason et *a* avec le cylindre (voir § 3*b*). L'étincelle sur la ligne droite indique l'instant de l'ouverture ou de la fermeture du courant primaire. Avec ce

mode de communication, les interruptions les plus nombreuses se trouvent dans les décharges de fermeture; si *a* avait été relié au diapason et *b* au cylindre, ce seraient les décharges d'ouverture qui montreraient ces interruptions multipliées.

La Planche IV donne les décharges à l'ouverture; les petits arcs de cercle unissent les décharges qui sont en rapport entre elles (voir § 3*b*).

La Planche V reproduit deux des quatre expériences décrites. Les chiffres renversés indiquent le nombre d'éléments de la batterie. Il faut fixer son attention sur la première étincelle à gauche et mesurer la distance qui la sépare de la seconde étincelle vers la droite.

Sur la Planche VI le triangle noir est le cuivre du cylindre, avec lequel la pointe du diapason vient en contact.

Sur la Planche VII les chiffres renversés indiquent la distance des pointes en millimètres. La ligne droite verticale, menée par toutes les étincelles de registration du courant primaire, m'a servi, conjointement avec les petites lignes passant par la première étincelle du courant secondaire, à mesurer le retard.

Sur la Planche VIII le courant primaire n'a pas été enregistré, afin de conserver aux figures toute leur pureté.

Les Planches IX et X donnent des images des étincelles de décharge, pour le cas d'une faible distance des électrodes écrivantes. Beaucoup d'autres figures, relatives aussi au cas d'une distance plus grande des électrodes, ont dû être omises; en outre, ces deux planches ne reproduisent pas les détails délicats.

Comme, sur la Planche II ainsi que sur les Planches III, IV VIII, la même expérience se répète un grand nombre de fois, le lecteur peut juger de l'exactitude de la méthode, qui nous rend les mêmes courants sous une forme toujours la même.

En terminant, je me plais à reconnaître que les photographies ont été exécutées avec beaucoup de soin par M. W.-C. van Dijk, d'Utrecht.

ÉTUDES SUR LE

PHOLCUS OPILIONOÏDES SCHRANK.

PAR

A. W. M. VAN HASSELT.

Lorsqu'un entomologiste, dans une période d'explorations d'environ 15 années, ne rencontre aucune trace d'un insecte qui est commun ailleurs, qui n'appartient nullement aux espèces de petite taille, mais qui se reconnaît au contraire facilement par des traits caractéristiques, il est assez naturellement tenté de conclure que ce résultat négatif fournit la preuve de la non-existence de l'animal dans l'étendue du champ d'exploration.

C'est là du moins ce qui m'était arrivé par rapport à l'araignée dont il est ici question; j'avais renoncé à l'espoir de l'inscrire dans notre Faune, même après que, il y a six ans, un exemplaire unique d'une espèce très voisine, plus méridionale, eut fixé de nouveau mon attention sur ce sujet.

Ce n'est que l'année passée que j'ai appris à la connaître comme très probablement *indigène*. En effet, de 1868 jusque dans l'été de 1869, je reçus, en quelque sorte coup sur coup, plusieurs individus vivants, trouvés en différentes occasions et sur différents points de notre pays.

Cette dernière particularité, en contraste avec l'absence antérieure de l'espèce, est elle-même des plus remarquables, car il est certain que le Pholcus doit continuer à être regardé comme „rare" chez nous, ce qu'on peut inférer, entre autres, de la circon-

stance que dans mes innombrables excursions, tant au loin que dans mon voisinage immédiat, je ne l'ai jamais rencontré moi-même. Sous ce rapport, le proverbe „qui cherche, trouve" ne s'est pas encore vérifié en ma faveur.

Le premier Pholcus vivant que j'eus l'occasion de voir, me fut donné en 1863 par M. van den Brink, jardinier en chef du jardin botanique de l'Université d'Utrecht. Il avait été trouvé dans une grande caisse en bois, qui avait servi au transport de „plantes des Indes." C'était un beau ♂, parfaitement conservé, mais beaucoup plus petit que le Pholcus ordinaire ou commun de l'Europe, que j'appris à connaître plus tard; il était aussi marqué d'un dessin beaucoup plus élégant, très analogue, ainsi que je le constatai postérieurement, à celui des Pholcus méridionaux ou tropicaux, surtout du *rivulatus* et de l'*elongatus*. Vu les conditions dans lesquelles il avait été trouvé, je ne crus pas devoir le regarder comme indigène, et aujourd'hui encore je persiste dans cette idée, au moins pour l'individu en question. Mon opinion se fortifiait d'un doute exprimé par un savant suédois, M. Westring, qui avait aussi trouvé à Gothembourg une espèce de Pholcus (reconnue toutefois, depuis, identique à notre espèce „ordinaire"), mais seulement „un petit nombre de fois" et dans „certaines années," une fois sur un montant de porte de la „maison des Indes orientales" (*Ost Indiska huset*), une autre fois dans le bâtiment de la douane du port (*Curia Portorii*). En décrivant cette espèce dans les *Araneae Suecicae*, p. 297, M. Westring se demandait à cette époque (1861): „*An re verâ ad Faunam Sueciae pertinens*"? Je continuai à me poser la même question, — avec raison, à ce que je crois, — pour mon exemplaire, le regardant comme une rareté étrangère ou comme un voyageur égaré loin de son pays.

Cinq ans après, au commencement de 1868, ma fille A. me rapporta un second individu mâle vivant de Pholcus, qu'elle avait aperçu dans un magasin de quincaillerie, à Utrecht, au moment où il descendait du plafond au milieu de quelques articles de luxe. Cette araignée toutefois différait considérablement de la précédente, tant par la taille que par les ornements, et je m'assurai que

c'était le vrai *Pholcus opilionoïdes* de l'Europe centrale et méridionale. Mais, ici encore, l'endroit où la découverte avait eu lieu n'était-il pas suspect? Avait-on bien affaire à un animal indigène? Ne pouvait-il avoir été apporté simplement de France ou de quelque autre contrée du sud de l'Europe, caché dans l'emballage d'articles de mode? Le doute concernant „l'indigénat" subsistait donc toujours dans mon esprit, d'autant plus que l'animal construisit bien à deux reprises un cocon, mais composé d'œufs stériles, qui se desséchaient et que la mère détruisait elle-même.

Je ne dois pas oublier de faire remarquer que ce doute puisait une grande force dans la circonstance, que jamais, à ma connaissance, un individu de ce genre ne s'était présenté à aucun des autres entomologistes de notre pays, pas même à notre compatriote M. G. A. Six, qui, après s'être distingué jadis comme aranéologue des plus zélés, n'a pas fait figurer le *Pholcus* sur les „Listes d'araignées" qu'il a insérées dans les *Bouwstoffen voor de Fauna van Nederland*, tome II, et dans le *Nederl. Tijdschr. voor Ent.*, tome VI.

Ce fut seulement au printemps de 1868 que j'acquis la connaissance que le *Ph. opilionoïdes* fait partie de la Faune des Pays-Bas, ou que du moins il peut, dans certaines circonstances, vivre et se reproduire chez nous. Ma respectable amie, Mme. v. V. d'Amsterdam, me communiqua à cette époque, en une seule fois, plusieurs individus ♂ et ♀, les uns encore très jeunes, les autres adultes, tous provenant d'un réduit à tourbes [1]) situé au rez-de-chaussée de sa maison.

Ces individus appartenaient tous, incontestablement, à l'espèce *ordinaire* de l'Europe centrale.

Par un hasard des plus singuliers, la même dame, ayant fait dans l'été de la même année une visite à sa famille, à Dordrecht,

[1]) Au sujet de la possibilité d'une origine étrangère pour cette colonie amsterdammoise de Pholcus, je ne dois pas laisser ignorer que le même endroit servait aussi de décharge pour des *kranjangs*, nattes des Indes orientales employées à emballer le sucre. On n'a d'ailleurs plus trouvé d'autres Pholcus en cet endroit, postérieurement à la première découverte.

me rapporta de cette localité deux nouveaux exemplaires vivants, dont un ♂ extrêmement grand, exemplaires qui avaient été capturés dans un angle obscur d'un corridor, au second étage d'une maison de rentier touchant immédiatement, d'un côté à la „rivière", et de l'autre au „port" [1]. Il y avait en cet endroit un grand nombre de ces araignées, — selon qu'il me fut rapporté, „au moins quarante, grandes et petites", — au moment où Mme. v. V. les découvrit, mais la propreté hollandaise, représentée par le balai de la servante, avait pris les devants et avait anéanti tout espoir d'une capture plus importante.

Un peu plus tard, toujours dans l'été de la même année, je reçus encore, de Delft, avec d'autres araignées très communes, que feu notre bibliologue entomologiste, M. Hartog Heys van de Lier, avait eu la bonté de recueillir pour moi, un individu conservé dans l'alcool, qui avait été pris sur le plafond d'un „cabinet d'aisances", à l'intérieur de la maison [2].

Enfin, au mois de Septembre de cette année, étant occupé, avec mon savant ami M. van Vollenhoven, à examiner la collection d'Arachnides du Musée de Leyde, je remarquai, parmi quelques autres araignées non déterminées, un flacon sans date, mais portant l'étiquette: *Ex horto botanico* [3]) *Lugduno Batavo*, dans lequel se trouvait un Pholcus ordinaire ♂, qui avait sans doute été pris jadis par notre confrère M. Herklots, ou reçu par lui de quelque autre personne.

De ces diverses observations il résulte avec certitude, que l'araignée en question peut vivre dans notre pays (Utrecht, Delft, Leyde) et s'y reproduire (Amsterdam, Dordrecht), bien que peut-être seulement à l'état d'exception ou sous forme de colonie. La haute

---

[1]) On remarquera de nouveau que cette trouvaille a été faite près d'un endroit ou sont amarrés ordinairement plusieurs bâtiments des Indes orientales.

[2]) Se pourrait-il, vu que mon ami recevait fréqnemment des caisses ou des paquets de livres de l'étranger, que cet individu, analogue à l'individu unique de la boutique de quincaillerie d'Utrecht, eût été un voyageur français ou allemand?

[3]) Je dois rappeler toutefois, à cette occasion, ce qui a été dit ci-dessus concernant les doutes attachés à une découverte faite, dans un lieu analogue, à Utrecht.

température qui a caractérisé, comme l'on sait, l'été de 1868, a-t-elle contribué à rendre possibles l'existence et surtout la reproduction de l'espèce? Ou bien celle-ci, tout en étant extrêmement rare, appartient-elle, *re verâ*, à la Faune de la Néerlande? Je crois que cette dernière hypothèse est conforme à la vérité; mais, pour obtenir une certitude absolue, il faudra de nouvelles observations, que la connaissance des lieux où la découverte a déjà été faite, rendra plus facile. (*Voir* la Note à la fin de ce Mémoire).

Quoi qu'il en soit, la possession répétée d'exemplaires de cette araignée, — que je maintins en vie pendant des semaines et des mois entiers, de la manière ordinaire, en les plaçant dans de grands bocaux de verre à plafond de bois et en les nourrissant de mouches, — m'a permis de soumettre le Pholcus [1]) à une étude dont je vais faire connaître quelques-uns des résultats.

Le Pholcus *opilionoïdes* Schrank ou *phalangoïdes* Walck., — ainsi appelé à cause d'une vague ressemblance extérieure avec certaines espèces du genre bien connu des „Faucheurs", — appartient à une „Famille" extrêmement restreinte, celle des Pholcides Koch, qui mérite à peine le nom de famille, vu qu'elle n'est représentée que par le seul genre désigné ci-dessus, lequel comprend huit espèces nominales, réductibles, à mon avis, à cinq ou, tout au plus, à six.

Ces araignées sont très facilement reconnaissables, non-seulement à la disposition caractéristique de leurs *yeux* latéraux, réunis de chaque côté au nombre de trois en un petit groupe, — ce qui

[1]) L'étymologie de ce nom donne lieu de relever un singulier *lapsus graecus*, commis par M. Vinson dans ses: *Aranéides de Madagascar*, etc. Cet auteur dit avec raison que le nom Pholcus dérive du grec φολκος, mais il traduit ce mot à tort par *nu*, et met cette étymologie en connexion „évidente" avec les ovules *nus* (*Voir* plus loin) de cette araignée. Mon vieux Hedericus m'a de nouveau appris qu'il est toujours prudent de contrôler, en remontant aux sources, ces assertions philologico-entomologiques; en effet, φολκος ne signifie pas *nudus* (nu), mais *strabus* (louche). Cette dernière significaton trouve d'ailleurs ici une application beaucoup plus juste, à cause de l'obliquité caractéristique de la *position des yeux* dans ce genre.

ne se voit chez aucune autre Aranéide, — mais plus encore, et au premier coup-d'œil, à leurs *pattes*, qui sont très longues et minces, chez quelques espèces même filiformes, garnies de poils très réguliers et excessivement fins, et pourvues aux fémurs et aux tibias de jolis anneaux blancs et noirs. La longueur des pattes est telle, que la paire la plus longue (la première) est environ 6 fois plus longue que le corps [1]); on cite même une espèce de Pholcus de la Grèce, chez qui les pattes dépasseraient 8 ou 9 fois la longueur du corps!

A l'exception de deux espèces, — le *Ph. caudatus* Dufour, d'Espagne, dont l'abdomen se termine en pointe conique, comme chez notre Epeira conica; et le *Ph. sisyphoïdes* Doleschall, d'Amboine, qui possède (de même que le *Ph. Borbonicus* Vinson, de l'île Bourbon, lequel me paraît n'en différer que peu ou point) un abdomen sphérique, comme celui des Theridiidae; — les autres, aussi bien les espèces tropicales que celles d'Europe, tout en offrant quelques différences de grandeur, se ressemblent parfaitement par leur corps plus allongé et de forme cylindrique, semblable à celui des Tétragnathes ordinaires.

Ces espèces sont: le *Ph. rivulatus* Savigny, d'Egypte et d'Italie, — le *Ph. elongatus* Vinson, de Maurice, — le *Ph. impressus* Schuch, le *Ph. nemastomoïdes* Schuch, tous deux de la Grèce, — et le *Ph. opilionoïdes*, du sud, du centre et, passim, du nord [2]) de l'Europe, mais qui prospère aussi parfaitement dans nos colonies des Indes orientales.

---

[1]) Le plus grand individu de ma collection possède, avec une longueur de corps de 1 centimètre, des pattes antérieures longues d'environ 6 centimètres.

[2]) Je regarde tous les individus trouvés dans le nord de notre continent (à l'exception d'un des miens, capturé dans une caisse de plantes des Indes orientales) comme appartenant au *Ph. opilionoïdes* ou à ses variétés. La différence que M. Siemaschko croit avoir constatée sur son exemplaire trouvé à St. Pétersbourg, ne me paraît pas assez importante pour qu'on doive le rapporter à une autre espèce, ce que du reste M. S. lui-même ne propose pas. Voir son Mémoire, *Verzeichniss der in der Umgegend von St. Petersburg vorkommenden Arachniden*, publié dans les Horae Societatis Entomologicae Rossicae, Fascic. I, 1861, p. 129, mémoire sur lequel mon attention a été attirée par notre confrère M. Ritsema.

Parmi ces espèces, il me semble toutefois, après une comparaison attentive des descriptions et de quelques figures, que le *rivulatus*, l'*elongatus* et même l'*impressus* ne s'éloignent que très peu l'un de l'autre, — et qu'entre le *nemastomoïdes* et l'*opilionoïdes* il n'existe pas non plus de différence bien caractéristique.

Leur *dessin* présente, — sauf quelques diversités dans la couleur du fond (blanchâtre, grisâtre ou gris de souris, brunâtre) et dans les taches accessoires [1]), — une grande uniformité. Ordinairement il se compose d'une ligne longitudinale, simple, bifurquée ou double, brune ou noire, sur le milieu du *céphalothorax;* d'une ligne, également brune ou noire, ramiforme ou même foliiforme, — ayant, chez les plus belles espèces, l'aspect d'une feuille composée, — sur la face dorsale de l'*abdomen;* enfin, de quelques petites taches foncées le long des côtés. J'ai reconnu toutefois que ce dessin, qui est le plus élégant chez le *rivulatus* et l'*elongatus*, mais beaucoup moins beau et moins fin chez les autres, peut varier considérablement dans la même espèce, à tel point que chez certains individus il ne reste plus qu'une ligne médiane, entière ou interrompue, sur le dos, et que chez d'autres même on ne distingue presque plus aucune trace de dessin, au moins sur l'abdomen. Koch ne paraît pas avoir observé ce changement ou cette perte de coloration chez certaines variétés, et dans sa description du phalangioïdes *avec* dessin dorsal, il manifeste quelque surprise au sujet de la figure de cette même espèce donnée par son collaborateur et prédécesseur Hahn, laquelle est *sans* aucune sorte de dessin. M. Vinson, au contraire, a fait la même observation que moi [2]), car il dit: „Si le Pholcus a séjourné longtemps dans un lieu très obscur, il est très brun, et les *dessins* décrits *se confondent* dans la couleur générale," pag. 137.

---

[1]) Par ex.: un *sternum* noir ou rayé de noir, une tache *anale* ovale et jaunâtre au-dessus des filières, un abdomen à face *ventrale* noire ou rayée de noir, etc.

[2]) Voyez, sur la variation de couleur chez une même espèce, mon observation relative au *Latrodectus* (*Ned. Tijds. v. Entom.*, t. III, p. 56), ainsi que celle de M. Six (*Ibid.*, t. I, p. 186), exemples auxquels il ne serait pas difficile d'en ajouter encore d'autres.

Par là s'explique aussi comment il se fait que quelques aranéologues figurent ces araignées *autrement* qu'ils ne les décrivent, ce qui arrive, par exemple, à Blackwall et aussi, dans une certaine mesure, à Walckenaar [1]), pour l'*opilionoïdes*, à Koch pour le *nemastomoïdes*, etc.

Les Pholcus en général, et l'*opilionoïdes* en particulier, mènent un genre de vie assez uniforme. Ils habitent volontiers des maisons solitaires, des caves et des réduits, et préfèrent les recoins les plus écartés, à la partie supérieure des murs, sous les toits ou sous les plafonds, dans des endroits où la lumière du jour ne pénètre que peu ou point. C'est là sans doute une des raisons pour lesquelles cette araignée est restée si longtemps inaperçue chez nous. En ce qui me concerne, il est aussi très possible que ma vue basse m'ait empêché, çà et là, de la découvrir dans ses retraites élevées et obscures, ou qu'elle m'ait échappé à cause de sa ressemblance avec les „faucheurs," dont je ne fais pas une étude spéciale.

Elle ne construit d'ailleurs pas de toiles remarquables par leurs dimensions ou par quelque autre particularité. Se contentant d'un petit nombre de fils lâchement tendus, disposés irrégulièrement, mais très gluants, elle s'y tient au centre de la face inférieure, dans une situation renversée, à la manière des Linyphies. Des qu'on touche à sa toile, l'animal, à ce qu'on raconte généralement, commence à sautiller ou à se trémousser, comme le font certains Cousins, et comme on peut le voir journellement chez notre Epéire diadème; de là le nom de *Zitterspinnen* que les aranéologues allemands donnent à ces araignées.

Bien qu'il me soit arrivé maintes fois d'observer pendant longtemps un ou plusieurs individus dans mes bocaux, je n'ai jamais vu un seul d'entre eux exécuter ces mouvements si caractéristiques. Je n'ai pu constater non plus ce que M. Simon et d'autres ont dit du *Ph. opilionoïdes*, à savoir, qu'après avoir sucé sa proie il la rejette immédiatement de sa toile; mes individus ne s'occu-

---

[1]) Comparez, entre autres, la „description" dans ses *Aptères* avec la „planche" dans son *Hist. nat. d. araignées.*

paient pas de ce soin, mais laissaient pendre les mouches à l'endroit où ils les avaient tuées, tout autour de leur siége habituel. Par contre, j'ai bien vu qu'au moyen des crochets tarsaux de leurs pattes antérieures, ils savaient attirer à eux, de la périphérie de la toile jusqu'au centre où ils se tiennent ordinairement, les mouches capturées et enveloppées; une fois même, j'ai observé l'usage très remarquable que, dans cette manœuvre, mon araignée faisait de ses *mandibules*, s'en servant en guise de ciseaux, pour détacher ses premiers lacs, placés à une distance trop grande [1]). J'ai aussi été plus d'une fois témoin de l'adresse vraiment merveilleuse, et que M. Simon nous a si bien fait connaître, avec laquelle elle enveloppe une mouche prise dans ses filets. Il est bien connu qu'elle enlace sa proie uniquement à l'aide de ses deux pattes postérieures, qu'elle passe alternativement le long des filières; mais, ce qu'on doit voir pour y croire, c'est que ces pattes, il est vrai très minces, exécutent leurs mouvements avec tant d'*agilité*, que l'œil ne peut souvent suivre leurs déplacements rapides, et que même, par moments, on ne distingue plus rien ni des pattes ni des fils, rien, si ce n'est leur effet sur la mouche.

Comme le Pholcus ♂ montre à découvert un appareil génital remarquablement bien développé, j'avais nourri l'espoir d'ajouter une observation intéressante au grand nombre de celles que j'ai déjà faites concernant la manière dont les parties des palpes agissent dans l'accouplement des araignées. Mais, à cet égard, j'ai été extrêmement malheureux. Je suis bien parvenu deux fois, avec grand'peine, à réunir un couple de Pholcus, mais, dans les deux cas, l'aventure a pris une fin tragique!

La première fois, je gardais déjà depuis un mois dans un de mes bocaux une ♀ entièrement développée et assez grande, lorsque je devins maître d'un ♂ également adulte. Celui-ci, introduit dans le même verre, essaya, avec un empressement extraordinaire (comme je l'ai observé dans une infinité d'autres expériences du

[1]) On trouvera, à ce sujet, une description un peu plus détaillée dans le *Tijdschr. v. Entom.*, t. IV, p. 27.

même genre), à se rapprocher de la femelle; mais, dès ses premières tentatives, il fut repoussé avec fureur, de sorte qu'il alla se réfugier au fond du bocal, où il tissa une petite toile, tandis que la ♀ resta fixée au plafond artificiel du bocal, sa place habituelle. Le second jour, je vis le ♂ risquer de nouveau, à différentes reprises, quelques tentatives très prudentes, mais chaque fois en vain; le soir, les deux adversaires se tenaient parfaitement tranquilles à leurs places respectives. Comme j'avais eu soin, pendant ces deux jours, de leur fournir une abondante provision de mouches vivantes, dont je les avais vus se nourrir tous les deux, la faim ne pouvait les avoir armés l'un contre l'autre; et pourtant . . . . le troisième matin, — le mâle s'étant sans doute, pendant la nuit, approché trop témérairement, — je trouvai son corps épuisé de sucs suspendu par ses longues pattes, rassemblées en faisceau, au centre de la partie supérieure du bocal, à côté du siége de la femelle [1]). Ce jour-là, la femelle ne s'empara d'aucune mouche, et le matin du cinquième jour de cette union forcée, je la trouvai elle-même morte dans sa toile, accrochée par l'une des pattes de derrière.

Peu de temps après, je me vis de nouveau en possession d'un Pholcus vivant, mais cette fois d'un beau ♂ de forte taille, qui, en sa qualité de premier occupant, alla s'établir à l'étage supérieur de mon bocal. Après qu'il y fut resté plusieurs jours dans la solitude, le hasard me fournit l'occasion de lui adjoindre une ♀, qui, bien qu'à peine adulte, ne lui cédait que peu ou point en taille et en développement. Cela se fit le soir, et, après une heure d'observation, durant laquelle il ne se passa rien de particulier, si ce n'est que ce fut maintenant la ♀ qui se construisit une retraite au fond du verre, — je quittai mon nouveau couple sans appréhension, convaincu que ce ♂ ne courait aucun danger d'être accablé par sa jeune et évidemment plus faible

---

[1]) M. Simon dit donc à tort: „elle ne lui fait point de mal", mais il ajoute avec plus de vérité: „cependant il n'ose s'approcher d'elle et semble la redouter beaucoup."

compagne, et rempli d'ailleurs de confiance dans la galanterie éprouvée des araignées mâles, en général, à l'égard de leurs femelles. Jamais, en effet, je n'avais eu d'exemple d'une ♀ nubile tuée par un ♂ de la même espèce, même en cas de jeûne prolongé et d'une grande supériorité de force chez ce dernier [1]). Grande fut donc ma déception, ma stupéfaction même, en reconnaissant, le lendemain matin, qu'il fallait renoncer, non-seulement à mon nouvel espoir d'observer les amours d'un couple de Pholcus, mais aussi à mes illusions au sujet de la courtoisie des araignées mâles. Le Pholcus mâle, sans motif apparent (car lui aussi avait eu de la nourriture en abondance), avait tué sa femelle! Mais, chose singulière, ici comme dans le cas du couple précédent, le meurtrier ne survécut pas longtemps à son crime; le soir même, je trouvai le ♂ privé de vie.

D'où vient que, dans les deux cas, la veuve du premier mariage et le veuf du second aient succombé si peu de temps après la mort de leurs conjoints respectifs? Je présume que dans la lutte, soutenue avec des armes suffisamment égales chez les deux sexes, le vainqueur aura aussi reçu, chaque fois, une blessure mortelle. J'ai, en effet, souvent remarqué combien les araignées en général supportent mal les morsures qu'elles se font mutuellement. Il est très probable que l'humeur venimeuse de leurs crochets mandibulaires joue ici un rôle. Maintes fois j'ai vu l'Epéire diadème ♂, blessé très légèrement à l'abdomen par la femelle, puis aussitôt soustrait, avant tout enlacement, aux étreintes mortelles de cette dernière, n'en succomber pas moins au bout de peu de minutes.

Depuis les essais dont je viens de rendre compte, je n'ai plus eu l'occasion de mettre en présence l'un de l'autre des Pholcus vivants des deux sexes, ce qui m'aurait pourtant intéressé encore sous un autre rapport, savoir, pour la continuation des mes études sur le développpement du *cocon* des Pholcus. J'ai bien eu trois fois en ma possession, à diverses époques, une ♀ avec cocon,

---

[1]) Voyez, entre autres, ma communication relative à *l'Argyroneta aquatica* (*Ned. Tijdschr. v. Entom.*, t. II, p. 26).

mais dans aucun de ces cas les jeunes ne sont éclos. Chez une de ces araignées, le cocon a disparu après 14 jours au moins, sans laisser aucune trace, et cela jusqu'à deux fois de suite. Quant au cocon de l'autre araignée, après l'avoir observé pendant un mois, je l'ai mis en temps opportun dans l'alcool, pour compléter ma collection. Il est généralement connu, et les *Pimpla* et autres Ichneumonides nous en offrent de fréquents exemples, que certains insectes font servir les cocons d'araignées à l'alimentation de leurs larves. Mais que des araignées elles-mêmes dévorent les œufs des cocons *d'autres* espèces d'araignées, c'est là un fait rapporté seulement, à ma connaissance, par Walckenaer, qui déclare l'avoir observé chez le *Clubiona holosericea* et qui ajoute, comme son opinion personnelle: „que beaucoup d'autres araignées font la même chose." Quant à moi, je ne l'ai jamais constaté; mais, par contre, j'ai bien vu quelquefois, tout comme M. Menge, que des araignées tenues en captivité et à jeun suçaient de petits morceaux de viande crue qu'on leur jetait. Quoi qu'il en soit, à deux reprises différentes, un de mes cocons de Pholcus, au lieu d'être seulement sucé, disparut complétement; je suis donc obligé d'admettre que la mère elle-même a mangé ses propres cocons [1]). L'appétit ne devait d'ailleurs pas lui manquer pour cela, à en juger par la circonstance que, en quatorze jours, je ne l'avais pas vue lâcher une seule fois son cocon. Néanmoins, elle n'a pu être contrainte par la faim seule, car je ne cessai pas de lui fournir de temps en temps une mouche vivante, à laquelle toutefois elle paraissait ne faire aucune attention. Il est possible que la mère se soit aperçue que ses œufs étaient *stériles;* ceux-ci, en effet, restaient toujours également petits, tandis que mon troisième cocon de Pholcus, que la mère avait épargné pendant près d'un mois, laissait voir clairement l'augmentation de volume et le changement de couleur des œufs. Pour la parfaite

---

[1]) Peut-être cela n'arrive-t-il que dans l'état de *captivité*, tout comme chez certains vertébrés, entre autres chez la *souris* ordinaire, que j'ai vue plus d'une fois dévorer tous ses petits.

intelligence de ce qui précède, je rappellerai que les Pholcus, — de même que les *Dolomedes*, les *Ocyale*, les *Scytodes* et quelques autres, — ne déposent pas librement leur cocon globuleux, ou ne le traînent pas après eux fixé à l'abdomen, à la manière des *Lycosa*, mais que, pendant plusieurs semaines, ils le portent constamment près de la bouche, maintenu entre les mandibules [1]) et en partie soutenu par les palpes. Je n'ai pu m'assurer si, comme quelques auteurs l'ajoutent, le cocon est en même temps „collé plus ou moins sternum."

Une autre observation relative à l'ovulation des Pholcides concerne la question de savoir s'il est bien exact de dire, avec plusieurs aranéologues, „que le Pholcus ne fait pas de *cocon* proprement dit, mais laisse la masse de ses œufs entièrement à nu." On sait que non-seulement ces œufs sont assez grands, comparés à ceux d'autres espèces, mais qu'ils se voient aussi parfaitement chacun à part, ce dont M. Claparède a si bien profité pour ses célèbres observations microscopiques *Sur l'évolution des araignées;* les Pholcus, en effet, sont, à ma connaissance, le seul genre d'araignées qui construise un cocon dans lequel les œufs, au lieu d'être complétement recouverts de fils, comme c'est le cas ordinaire, restent *en apparence* tout à fait nus et sont directement observables. Mais une autre question est de savoir, si l'assertion de Walckenaer, — adoptée sans réserves par son compatriote M. Simon, ainsi que par M. Vinson, — „qu'elle agglutine ses œufs en une masse ronde (*sic*) et *nue, qu'aucun tissu ne recouvre,*" si cette assertion est bien conforme à la vérité.

Bien que je n'aie eu que trois fois l'occasion d'examiner avec soin un cocon de Pholcus, et bien que je n'en possède qu'un seul dans ma collection, cela m'a suffi pour reconnaître clairement que les œufs sont non-seulement „agglutinés" entre eux, mais recouverts en outre d'un *tissu*, qui, il est vrai, est extrê-

---

[1]) M. Siemaschko paraît avoir ignoré cette circonstance. Du moins il écrit, à l'occasion de la capture d'une ♀, qu'elle „*n'abandonna pas* son cocon, mais l'emporta entre ses mandibules." On peut inférer en outre de sa relation que, tout comme nous à Utrecht, il n'a rencontré que *rarement* le Pholcus à St. Pétersbourg.

mement lâche et mince. La chose devint surtout bien évidente lorsque j'eus laissé le cocon immergé pendant quelque temps dans une dissolution de carmin. Du reste, le fait que j'annonce n'a absolument rien de nouveau, car d'autres aranéologues l'avaient observé avant moi. Koch, Blackwall et surtout M. Claparède, juge si compétent en cette matière, disent en termes presque identiques: „que les œufs de Pholcus sont recouverts d'une enveloppe de fils très mince, *transparente* (d'un tissu extrêmement délicat, Blakw.)". Cela s'accorde d'ailleurs très bien avec le fait, que cette araignée ne construit qu'une petite toile insignifiante et que ses fils sont en général excessivement minces, de sorte que la première couche dont elle enveloppe sa proie se distingue à peine et que la mouche, quelle que soit la rapidité de l'opération, reste longtemps visible en entier, à travers son linceul transparent.

Pour terminer, je dirai encore un mot de la distribution *géographique* de cette remarquable araignée, ne fût-ce qu'en souvenir d'une visite que j'eus l'honneur de recevoir, il y a quelques années, à Utrecht, de la part de M. A. E. Grübe, professeur de zoologie à Breslau, visite dans laquelle ce savant parut s'intéresser tout spécialement, et jusque dans les détails, à notre faune arachnologique; ces remarques pourront servir d'ailleurs à rectifier une conclusion légèrement inexacte que M. Grübe a formulée au sujet de la distribution de ces Aranéides, dans son *Verzeichniss der Arachnoïden Liv-, Kur- und Esthlands* (*Arch. f. d. Naturkunde*, 2e Sér. t. I, Dorpat, 1859), dont il eut la bonté de m'envoyer un exemplaire au moment de la publication.

A la page 19 de son Mémoire, M. Grübe dit: „Puisque les genres U, L, E, *Pholcus*, S, A [1]), — dont on ne rencontre

[1]) Je me suis borné à indiquer par leur initiale, comme n'ayant aucun rapport à la question qui nous occupe, les autres genres d'araignées mentionnés par M. Gr. A l'égard du dernier seulement, A (*Atypus*), je rappellerai ici que ce genre habite *également* notre pays, un bel exemplaire ♂ de *Atypus Sulzeri* ayant été trouvé par ma femme dans le bois de Zeist près d'Utrecht (*Ned. Tydschr. v. Entom.*, 1869, t. XII. p. 25).

ordinairement que des représentants *isolés* dans l'Allemagne du sud et en Angleterre, — ne se montrent même plus dans les environs si favorisés de Dantzig, on doit en conclure qu'il n'y a aucun espoir de les trouver dans la Livonie etc."

A l'époque où il écrivait (1859), M. Grübe était parfaitement autorisé à admettre l'absence des Pholcides dans la région septentrionale en question; mais, depuis lors, nos connaissances ont de nouveau fait un pas en avant.

Ce qui m'est connu jusqu'à ce jour au sujet des rapports géographiques du genre Pholcus en général et de notre *opilionoïdes* ou *phalangoides* en particulier, revient essentiellement à ce qui suit:

Ce genre d'araignées paraît vivre de préférence dans les pays chauds, ou du moins dans des contrées plus méridionales que celles qui appartiennent à notre climat. Dans la zone tropicale (surtout en Asie et en Afrique), la famille qu'il constitue est représentée, en effet, par des espèces, peu nombreuses il est vrai, qui se distinguent plus ou moins nettement entre elles (*Borbonicus*, *sisyphoïdes*, *elongatus*, *rivulatus*); la même chose s'observe dans les parties méridionales ou chaudes de l'Europe, telles que l'Espagne, l'Italie, la Grèce (*caudatus*, *nemastomoïdes*, *impressus*). Aussi, rien qu'à cause de ce fait général, je ne fus pas peu surpris de voir émettre par un aranéologue expérimenté, le regrettable Doleschall, la conjecture: „que le *Ph. phalangoïdes* aurait probablement été transporté *de* l'Europe *dans* ce pays-ci, — c. à. d. aux Indes orientales, — avec des meubles, etc." (*Doleschall*, 2de *Bijdrage tot de kennis der Arachniden van den Indischen Archipel*). En effet, de ce que la famille en général prospère mieux dans les climats chauds, et de ce que le nombre des espèces, même celui des individus, diminue à mesure qu'on approche de pays plus froids, on est plutôt en droit de conclure précisément l'inverse de la „conjecture" précitée, c'est-à-dire, d'admettre que notre Pholcus a été transporté *des* contrées tropicales *en* Europe. C'est d'ailleurs à quoi j'ai déjà fait plusieurs fois allusion dans l'introduction de ce travail. La grande majorité des lieux de découverte, à moi connus, dans la

partie septentrionale de l'Europe, témoigne aussi en faveur de cette opinion: ce sont en effet, ou bien des *ports de mer*, en relation avec les Indes orientales, ou bien des endroits où une *introduction accidentelle* des pays tropicaux ou sud-européens est facilement admissible (jardins botaniques, magasin de quincaillerie, dépôt de nattes à sucre ou „kranjangs" etc.) En outre, lorsque les auteurs indiquent, dans les zones chaudes ci-dessus désignées, l'existence de Pholcides, soit d'espèces différentes de la nôtre, soit surtout de celle-ci, ils ajoutent fréquemment qu'elles y sont „abondantes," ou „universellement répandues," ou „très communes" (voy. entre autres, pour Java, Doleschall; pour l'Afrique, Vinson, etc.). Il en est tout à fait de même pour l'Europe méridionale et centrale jusque vers 50° de latitude. (Voy. entre autres: Claparède pour la Suisse, 46°; Doleschall pour la Hongrie, 47°; idem pour les environs de Vienne, 48°; même Walckenaer pour Paris, 49°, et Hahn et Koch pour Nuremberg et Ratisbonne, 49° à 50°). Par contre, il est très remarquable que, dès qu'on s'avance un peu plus vers le nord, au-delà de 50° L. N., la présence du Pholcus dans notre continent, — ainsi que M. Grübe l'avait déjà déduit des données alors connues, — commence à devenir *très rare*: que même, jusqu'à ce jour, notre araignée n'a pas encore été trouvée partout à cette latitude, et que là où son existence a été constatée, on ne l'a rencontrée ordinairement qu'en un petit nombre d'exemplaires et dans quelques localités isolées.

Pour les localités qui me sont actuellement connues dans l'Europe septentrionale, entre les longitudes 5° O. et 30° E., le rayon géographique est, en allant du sud au nord:

Ile de Wight Blackwall (1861)	environ	50°	L. N.
Pays-Bas (Amsterdam, Utrecht, Dordrecht) van Hasselt (1868—69). . .	„	52°	„ „
Angleterre (Liverpool) Blackwall (1861)	„	53°	„ „
Suède (Gothembourg) Westring (1861)	„	55°	„ „
Russie (St.-Pétersbourg) Siemaschko (1861)	„	60°	„ „

La dernière de ces localités constitue la limite septentrionale de l'aire du Pholcus, telle que je la connais aujourd'hui.

Comme preuve toutefois de ce qui a été dit ci-dessus concernant la rareté du Pholcus entre 50° et 60°, je donnerai la liste suivante d'aranéologues qui paraissent ne pas l'avoir rencontré jusqu'ici: Reuss pour Francfort s./M. (50°), Grübe pour Breslau (51°), Ohlert pour Königsbergen (53°), Menge pour Dantzig (54°), Grübe pour la Livonie etc. (58° à 59°), Thorell pour Upsal (60°).

Amsterdam, décembre 1869.

N.B. Pendant l'impression de ce travail, mes présomptions concernant l'indigénat reçoivent un *très fort* soutien, vu que j'ai trouvé ce matin (14 avril 1870), dans une chambre de ma maison (Amsterdam, Prinsengracht), qui communique avec le jardin, un nouvel exemplaire *vivant* (♀ *pullus*) de Pholcus, bien que je sois certain qu'aucun de mes hôtes de l'année dernière ne s'est échappé.

v. H.

SUR LA VARIATION DIURNE
DE L'INCLINAISON MAGNÉTIQUE À BATAVIA,

PAR

P. A. BERGSMA.

Les observations dont les résultats seront communiqués dans ce Mémoire ont toutes été faites au même endroit, à l'Observatoire magnétique de Batavia. Cet observatoire est un bâtiment en bois, dans la construction duquel il n'est entré aucune pièce de fer; il est situé dans un jardin privé, à une distance d'environ quarante mètres du plus rapproché des édifices environnants. La position géographique de cet observatoire est: Latitude 6° $11'$ $0''$ sud, Longitude 7^{h} 7^{m} 19^{s} est de Greenwich.

L'instrument avec lequel les observations ont été faites est un cercle d'inclinaison de Barrow, de 3 pouces de diamètre; pour toutes les observations on s'est servi de la même aiguille. Chaque observation d'inclinaison au moyen de cet instrument demande environ quarante minutes. L'observation commençait à vingt minutes avant l'heure entière et finissait à environ vingt minutes après l'heure entière; le résultat donné par cette observation était alors accepté pour valeur de l'inclinaison à l'heure entière exacte.

Trois séries différentes d'observations ont été exécutées.

La première série s'étend du 29 mai 1868 au 22 août 1868; elle comprend des observations faites à douze jours différents, d'heure en heure, depuis 7 h. avant midi jusqu'à 5 h. après midi; dans ces observations on a donc obtenu pour chaque jour onze valeurs de l'inclinaison. En commençant cette série, je m'étais proposé de la continuer au moins pendant un an; mais au bout de trois mois je fus obligé de m'arrêter, l'observation devenant trop fatigante pour la vue.

La seconde série comprend des observations faites à 10 heures du matin et à 4 et 10 heures du soir, pendant 21 jours, distribués entre le 26 août 1868 et le 3 novembre 1868. Au commencement de novembre je tombai sérieusement malade, de sorte qu'il me fut impossible de me livrer à aucune observation; ce ne fut qu'au mois de décembre que je me trouvai assez bien rétabli pour pouvoir me remettre à la besogne.

La troisième série est composée d'observations faites à 10 heures du matin et à 4 heures du soir, pendant 103 jours, répartis entre le 1er décembre 1868 et le 30 novembre 1869; ces observations eurent lieu autant que possible deux jours par semaine, de manière à obtenir 8 ou 9 jours d'observation dans chaque mois.

La table I renferme la première série d'observations. L'inclinaison est: sud 27° + les nombres de la table; ces nombres indiquent des minutes.

TABLE I.

Batavia Temps moyen.	7 h. mat.	8 h. mat.	9 h. mat.	10 h. mat.	11 h. mat.	Midi.	1 h. soir.	2 h. soir.	3 h. soir.	4 h. soir.	5 h. soir.
Mai 29.....	22′.54	20′.56	19′.97	19′.17	18′.63	19′.94	21′.51	19′.94	20′.32	20′.90	22.05
Juin 4.....	20.05	20.23	18.27	17.53	19.20	18.37	18 68	18.84	18.82	20.29	20.48
Juin 12.....	19.58	19.82	19.46	17.79	18.55	17.71	19.12	19.25	21.69	21.48	23.64
Juin 19.....	19.16	17.31	17.91	18.33	18.81	19.37	20.04	20.25	21.40	20.23	20.60
Juin 25.....	19.04	19.58	19.18	17.78	18.84	18.93	19.44	18.82	20.31	19.64	20.29
Juillet 2.....	17.58	19.67	18.22	17.04	17.73	16.97	18.42	19.82	18.98	19.29	19.29
Juillet 9.....	20.32	18.94	20.59	19.71	20.27	19.03	19.97	22.19	22.34	23.98	24.89
Juillet 16....	21.72	20.30	17.97	19.17	18.03	20.41	20.34	20.99	20.85	21.46	20.88
Juillet 23....	20.37	18.42	15.57	16.93	19.03	19.80	21.08	20.74	21.78	23.34	23.42
Juillet 30....	17.88	18.64	18.99	19.19	19.00	19.07	18.97	18.93	20.12	21.03	21.48
Août 13.....	20.73	22.03	22.79	21.10	21.67	20.67	20.14	22.01	23 26	22.32	21.76
Août 22	22.04	20 58	21 13	19.49	19.06	18 42	19.92	19.36	17.70	19.92	20.84
Moyen. horair.	20.08	19.67	19.17	18.60	19.07	19.06	19.80	20.10	20.63	21.16	21.64

Les moyennes horaires déduites de ces observations montrent que l'inclinaison sud à Batavia décroît depuis 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du matin, où elle est un minimum, et qu'ensuite elle croît depuis 10 h. du matin jusqu'à 5 h. du soir.

La table II donne les différences qu'on trouve en retranchant la valeur de l'inclinaison à 10 h. du matin de la valeur de l'inclinaison aux autres heures.

TABLE II.

Batavia Temps moyen.	7 h. mat.	8 h. mat.	9 h. mat.	10 h. mat.	11 h. mat.	Midi.	1 h. soir.	2 h. soir.	3 h. soir.	4 h. soir.	5 h. soir.
Différences....	1′.48	1′.07	0′.57	0′.00	0′.47	0′.46	1′.20	1′.50	2′.03	2′.56	3′.04

Le décroissement de l'inclinaison de 7 h. du matin à 10 h. du matin et l'accroissement de 10 h. du matin à 5 h. du soir sont assez réguliers; la seule irrégularité est celle que montre la différence obtenue pour l'heure de midi.

La table III comprend la deuxième série d'observations.

TABLE III.

Batavia Temps moyen.	10 h. matin.	4 h. soir.	10 h. soir.
Août 26.....	27° 18′.39	27° 20′.04	27° 21′.76
Août 29.....	27 18.65	27 21.24	27 21.02
Septembre 1.....	27 22 24	27 23.18	27 22.96
Septembre 4.....	27 19.52	27 22.78	27 22.39
Septembre 8.....	27 19.82	27 22.55	27 23.48
Septembre 12.....	27 18.14	27 21.56	27 22.24
Septembre 15.....	27 20.44	27 19.18	27 25.20
Septembre 18.....	27 21.12	27 22.73	27 22.94
Septembre 21.....	27 23.21	27 27.22	27 27.39
Septembre 25.....	27 19.98	27 22.21	27 22.14
Septembre 29.....	27 20.43	27 25.67	27 24.74
Octobre 7.....	27 21.25	27 23.98	27 23.93
Octobre 9.....	27 21.98	27 24.65	27 24.19
Octobre 14.....	27 20.33	27 24.47	27 26.20
Octobre 20.....	27 22.33	27 25.07	27 22.17
Octobre 22.....	27 18.04	27 21.76	27 24.73
Octobre 23.....	27 23.18	27 27.24	27 25.10
Octobre 27.....	27 20.08	27 27.43	27 20.68
Octobre 29.....	27 18.01	27 19.62	27 21.22
Octobre 30.....	27 14.41	27 22.10	27 23.04
Novembre 3.....	27 18.88	27 23.39	27 19.11
Moyennes horaires.....	27 20.02	27 23.19	27 23.17

Les moyennes horaires déduites de ces observations apprennent que l'inclinaison a la même valeur à 4 h. du soir qu'à 10 h. du soir. Ce résultat, combiné avec l'accroissement régulier de l'inclinaison de 10 h. du matin à 5 h. du soir, tel qu'il résulte de la première série d'observations, indique que l'inclinaison est un maximum vers 7 h. du soir.

La table IV fait connaître les résultats de la troisième série d'observations. Il serait trop long de donner toutes les observations particulières; pour ce motif, je ne communique que les moyennes horaires pour chaque mois et pour l'année entière. La cinquième colonne de cette table IV renferme les différences qu'on obtient en retranchant la valeur de l'inclinaison à 10 h. du matin de celle à 4 h. du soir.

TABLE IV.

	Nombre des jours d'observation.	10 h. matin.	4 h. soir.	Différences.
Décembre 1868.	9	27° 19′.49	27° 22′.52	3′.03
Janvier 1869.	9	27 18.82	27 22.59	3.77
Février "	8	27 19.00	27 22.50	3.50
Mars "	9	27 20.76	27 24.56	3.80
Avril "	8	27 22.23	27 25.18	2.95
Mai "	9	27 21.61	27 24.06	2.45
Juin "	9	27 22.08	27 25.32	3.24
Juillet "	9	27 21.51	27 25.27	3.76
Août "	9	27 23.19	27 25.58	2.39
Septembre "	8	27 22.68	27 25.69	3.01
Octobre "	8	27 23.02	27 25.02	2.00
Novembre "	8	27 23.53	27 24.90	1.37
Moyennes annuelles.		27 21.46	27 24.42	2.96

Ces observations montrent que pendant toute l'année l'inclinaison sud à Batavia est plus grande à 4 h. du soir qu'à 10 h. du matin. Sur les 103 jours où l'inclinaison a été observée à 10 h. du matin et à 4 h. du soir, il y en a eu 96 où elle était plus grande au second de ces instants qu'au premier.

La différence moyenne entre l'inclinaison à 10 h. du matin et celle à 4 h. du soir, dans l'année commençant le 1er décembre 1868 et finissant le 30 novembre 1869, est de 2′,96. La table IV indique que cette différence varie dans les différents mois; des observations continuées pendant plus longtemps montreront peut-être que cette différence est assujétie à une variation annuelle régulière.

La variation diurne de l'inclinaison dans l'hémisphère sud n'a, pour autant que je sache, jamais été déduite d'observations faites au cercle d'inclinaison. Le général Sabine a déduit la variation diurne de l'inclinaison à Ste.-Hélène (latitude 15° 56′ 41″,2 sud, longitude $0^h\ 22^m\ 41^s,9$ ouest de Greenwich) des variations diurnes de la force horizontale et de la force verticale, observées depuis le 1er janvier 1843 jusqu'au 31 décembre 1846. Comme Ste.-Hélène est, de tous les points de l'hémisphère sud où la variation diurne de l'inclinaison est connue, celui dont la latitude se rapproche le plus de celle de Batavia, je transcris dans la table V (*Voir* à la page suivante) les résultats du général Sabine (E. Sabine, *Observations at St. Helena*, t. II, p. LXI).

Ces résultats présentent un accord remarquable avec ceux qui se déduisent de mes observations. Dans la demi-année d'avril à septembre, qui est celle où fut faite la plus grande partie de ma première et de ma seconde série d'observations, l'inclinaison décroît de 7 h. du matin à 10 h. du matin, est un minimum à 10 h. du matin, croît de 10 h. du matin à 7 h. du soir, est un maximum à 7 h. du soir, et atteint à 10 h. du soir à peu près la même valeur qu'à 4 h. du soir.

La différence entre les moyennes annuelles pour 10 h. du matin et 4 h. du soir est, à Ste.-Hélène, de 2′,05; la différence entre les moyennes annuelles pour ces mêmes heures, à Batavia, est de 2′,96. D'après cela, il est probable que l'amplitude de la variation diurne, dans les moyennes annuelles, est plus grande à Batavia qu'à Ste.-Hélène. Ce fait serait d'accord avec les résultats déduits par le général Sabine des variations de la force horizontale et de la force verticale à Ste.-Hélène, au Cap de

TABLE V.

Ste.-Hélène Temps moyen.	INCLINAISON SUD à STE.-HÉLÈNE.		
	Moyennes semi-annuelles.		Moyennes annuelles.
	Avril à Septembre.	Octobre à Mars.	
Minuit.	22° 0′.38	22° 0′.52	22° 0′.45
1 h. du mat.	22 0.28	22 0.38	22 0.33
2 h. du mat.	22 0.17	22 0.25	22 0.20
3 h. du mat.	22 0.03	22 0.17	22 0.10
4 h. du mat.	21 59.98	22 0.05	22 0.02
5 h. du mat.	21 59.85	21 59.98	21 59.92
6 h. du mat.	21 59.68	21 59.92	21 59.80
7 h. du mat.	21 59.52	21 59.63	21 59.58
8 h. du mat.	21 59.17	21 59.17	21 59.17
9 h. du mat.	21 58.88	21 58.85	21 58.87
10 h. du mat.	21 58.48	21 58.62	21 58.55
11 h. du mat.	21 58.57	21 58.53	21 58.55
Midi.	21 58.75	21 58.62	21 58.68
1 h. du soir	21 59.38	21 59.02	21 59.20
2 h. du soir	21 59.98	21 59.62	21 59.80
3 h. du soir	22 0.42	22 0.12	22 0.27
4 h. du soir	22 0.58	22 0.62	22 0.60
5 h. du soir	22 0.78	22 0.85	22 0.82
6 h. du soir	22 1.02	22 1.05	22 1.03
7 h. du soir	22 1.13	22 1.10	22 1.12
8 h. du soir	22 0.92	22 0.88	22 0.90
9 h. du soir	22 0.82	22 0.90	22 0.87
10 h. du soir	22 0.70	22 0.73	22 0.72
11 h. du soir	22 0.52	22 0.68	22 0.60

Bonne-Espérance (Voir: E. Sabine, *Observations at St. Helena*, t. II, p. C.) et à Hobarton (Voir: E. Sabine, *Observations at Hobarton*, t. II, p. XLV.); la table suivante fait connaître ces résultats:

TABLE VI.

	Latitude sud.	Différences entre les valeurs des moyennes annuelles de l'inclinaison sud aux heures du maximum et du minimum.
Ste.-Hélène.....	15° 56′	2′.57
Cap de Bonne-Espérance.	33 56	1.59
Hobarton.....	42 48	1.26

Ces résultats indiquent un décroissement de l'amplitude de la variation diurne de l'inclinaison, dans les moyennes annuelles, à mesure que la latitude s'élève.

Je me propose de continuer mes observations d'inclinaison à 10 h. du matin et à 4 h. du soir deux fois par semaine. L'objet principal que j'ai en vue par là, est d'acquérir une connaissance parfaite de la différence entre les inclinaisons à deux heures différentes du jour. J'espère trouver ainsi un moyen de contrôler les résultats que je serai peut-être un jour à même d'obtenir, au moyen des magnétographes, pour chacune des vingt-quatre heures de la journée. Jusqu'à présent il a été impossible de faire fonctionner les magnétographes, faute d'un local approprié.

Batavia, 24 décembre 1869.

NOTES POUR SERVIR A LA CONNAISSANCE

DU PRESBYTES ALBIGENA, GRAY,

PAR

W. MARSHALL.

Dans le courant de l'année 1869, le Musée d'histoire naturelle de Leyde reçut du Jardin zoologique de Rotterdam deux individus morts d'un singe rare, le *Presbytes albigena* Gray. Le savant chef du Musée, M. le Directeur Schlegel, m'invita à faire l'étude anatomique de ces animaux; cette étude a conduit à quelques résultats que je crois devoir faire connaître, en les comparant successivement avec ce qui a été observé chez les singes des genres les plus voisins, les Semnopithèques et les Cercopithèques.

Chez les Semnopithèques, — groupe dans lequel je comprends les genres: *Semnopithecus* F. Cuv. avec ses sous-genres, *Nasalis* E. Geoffr., *Vetulus* Rchb. et *Colobus* Illig., — la partie neurale du crâne est arrondie, brachycéphale, et la partie viscérale est peu saillante. L'angle facial s'élevait, en moyenne, chez les individus jeunes (3 crânes) à 78° 55′, chez les vieux (9 crânes) à 50° 38′; un crâne très jeune de *Nasalis*, dont les fontanelles n'étaient pas encore fermées, mesurait 83° 30′; un très vieux, 45°.

Chez les *Colobus* la mesure de 5 crânes adultes donna pour l'angle facial une valeur moyenne de 46° 24′.

Dans le genre *Cercopithecus* et ses sous-genres, où le crâne est beaucoup plus allongé [1]) et où sa partie faciale fait une

---

[1]) Il n'est pas sans intérêt de remarquer que le crâne des Semnopithèques, groupe essentiellement asiatique, est brachycéphale, celui des Cercopithèques, qui appartiennent à l'Afrique, dolichocéphale; un phénomène pareil est offert, comme l'on sait, par les Anthropomorphes dasypyges, car l'Orang-outan, espèce asiatique, est brachycéphale, tandis que le Chimpansé et le Gorille, propres à l'Afrique, sont dolichocéphales.

saillie bien plus forte, je trouvai, après mensuration de 12 crânes, un angle moyen de 39° 45′; le crâne du *Presb. albigena* avait exactement 39°.

Un examen superficiel des crânes suffit déjà à faire reconnaître que chez les Semnopithèques les yeux sont beaucoup plus écartés entre eux que chez les Cercopithèques. Chez les premiers, d'après des mesures prises sur 19 crânes, le plus grand diamètre des orbites était de 21,5 mm. et leur distance mutuelle de 9 mm.; chez les Cercopithèques je trouvai, d'après 12 crânes, un diamètre maximum de 21,7 mm. et une distance de 3,7 mm.; chez le *Pr. albigena* enfin, le diamètre mesurait 21 mm., la distance 4 mm.

Chez les Semnopithèques et les Cercopithèques les fosses maxillaires sont en général peu développées, ce n'est que chez les *Cerc. aethiops* et *fuliginosus*, singes appartenant au sous-genre *Cercocebus*, qu'elles forment une impression profonde; la même chose s'observe, à un degré encore beaucoup plus prononcé, chez le *Pr. albigena*, en sorte que le bord infra-orbitaire y fait une forte saillie. Je n'ai pas remarqué que le muscle canin fût particulièrement développé, ce qui toutefois peut devoir être attribué à ce que cette région avait été plus ou moins endommagée pendant la préparation de la peau.

Les facettes articulaires de la mâchoire inférieure sont, chez les Semnopithèques, longues et étroites, les diamètres transversaux n'ayant que le tiers de la longueur des diamètres longitudinaux; ceux-ci convergent fortement en arrière; le bord postérieur de l'apophyse condyloïde est légèrement concave, le bord antérieur est convexe. Chez les Cercopithèques, les diamètres diffèrent peu entre eux, de sorte que la facette articulaire est presque arrondie; j'ai trouvé qu'il en est de même chez le *Presbytes albigena*.

Il y a encore d'autres différences ostéologiques, qui concernent surtout les proportions relatives du tronc et des extrémités, celles des extrémités entre elles et celles des divers doigts. Le tableau suivant résume les résultats des mesures que j'ai effectuées sur 5 squelettes:

Tableau des dimensions des différentes parties du squelette, en millimètres.

	Semnopithecus entellus, Wagn.	Nasalis larvatus, Geoffr.	Colobus personatus Temm.	Cercopithecus ruber, Linné.	Presbytes albigena, Gray.
Tronc	310	470	445	295	305
Queue	589	550	850	510	540
Bras	117	181	153	108	112
Avant-bras	132	209	163	116	127
Doigt médian	76	122	107	61	85
Pouce	31	47	6	26	42
Cuisse	157	216	198	120	145
Jambe	143	185	180	116	140
Orteil médian	92	136	129	76	92
Gros orteil	47	72	55	42	51

Je ne puis malheureusement donner aucun renseignement sur la dernière molaire, cette dent n'ayant encore percé dans aucun de nos deux individus [1]).

Tous les os creux du *Pr. albigena* avaient la forme ramassée de ceux des Cercopithèques.

En ce qui concerne le système viscéral, on sait, — et cette particularité constitue même un des caractères génériques du groupe, — que les Cercopithèques sont toujours pourvus d'abajoues; ces poches sont aussi très apparentes chez le *Pr. albigena*.

[1]) On a souvent attribué une valeur exagérée aux caractères des dents, ainsi que devront l'avouer tous ceux qui connaissent les nombreuses variations que ces organes présentent, sous le rapport du nombre des tubercules, etc., chez l'être le mieux connu, savoir chez l'homme. La même chose peut arriver chez les singes en question; c'est ce que montre, entre autres, un crâne de *Colobus* ou de *Semnopithecus*, récemment acquis par notre Musée, qui présente la formule dentaire suivante:

$$\frac{2\,.\,1\,.\,3\,.\,4\,.}{2\,.\,1\,.\,3\,.\,4\,.}$$

par conséquent, un excès de 8 dents.

La langue montre, à la partie antérieure, de nombreuses papilles fongiformes, de couleur blanche; les papilles caliciformes sont au nombre de 3 et, de même que chez plusieurs Cercopithèques, elles sont placées en triangle à la base de la langue; leur diamètre est de plus de 2 mm. L'œsophage n'offre rien de bien caractéristique.

L'estomac, qu'avant la dissection je m'étais attendu à trouver composé comme chez les Semnopithèques, et que je me proposais d'étudier sous le microscope, était simple comme chez les Cercopithèques. Sa forme était arrondie, le fond à peine développé; le cardia et le pylore étaient très rapprochés, de sorte que la grande courbure mesurait 202 mm., la petite seulement 60 mm. L'intestin grêle était peu distinct au pylore; son calibre intérieur était faible, sa longueur égale à 1,13 mètre. Le cœcum était fortement développé, avait la forme d'un cône tronqué et une longueur de 35 mm. Le gros intestin était long de 5,8 décimètres; les ligaments du côlon étaient fortement prononcés, solides, et larges de 5 mm.; les appendices épiploïques, que je n'ai encore trouvés chez aucun singe, manquaient également dans le cas actuel.

La disposition du côlon était très remarquable: en effet, il n'y avait pas de côlon ascendant, le cœcum était situé dans l'hypochondre droit, sous le bord du foie, et de là le côlon se dirigeait, en pente assez rapide, vers le côté gauche du bassin, de sorte qu'il n'était pas question non plus d'un côlon transverse proprement dit. A l'S du côlon et au rectum il n'y avait rien de particulier à observer.

Le foie avait 3 divisions antérieures, plus grandes, et trois postérieures, plus petites; la plus volumineuse de ces dernières était située au côté gauche et faisait partie du lobe gauche, les deux autres étaient des lobules de Spiegel. La vésicule du fiel avait la même forme que chez l'homme, et il en était de même du pancréas et de la rate; seulement, cette dernière était relativement plus petite.

Au larynx je ne pus rien découvrir d'analogue aux poches laryngiennes des Semnopithèques. Le poumon droit était 3-lobé, le gauche 2-lobé.

Le système urogénital ne montrait rien de particulier.

D'après ce qui précède, il me semble qu'il ne peut guère rester de doute que le singe en question n'appartient ni au genre *Presbytes*, comme le veut Gray, ni au groupe des vrais Semnopithèques, à la tête desquels le place Reichenbach. A mon avis, c'est un véritable Cercopithèque, qui, il est vrai, par son aspect extérieur, rappelle fortement les Semnopithèques.

Il ne me paraît pas inutile d'en donner encore une fois une courte diagnose.

Cercopithecus albigena.

Presbytes albigena Gray, *Proc. zool. Soc. Lond.* 1850, p. 77.
Semnopithecus alb. Reichenbach, *Vollständ. Naturg. der Affen*, p. 93, n. 226.

Couleur générale d'un noir mat; à la gorge, aux côtés du cou et surtout aux joues, des poils plus longs et grisâtres; au-dessus de chaque œil une touffe dirigée en avant; sur le sommet de la tête une touffe semblable, plus grande, qui se perd vers la nuque; aux côtés du tronc une crinière, dont les poils sont légèrement teintés de roux à l'extrémité.

Face et mains noires, à poils très fins; callosités ischiatiques petites, jaunâtres; yeux d'un brun clair. Les dimensions des différentes parties se déduisent du tableau ci-dessus.

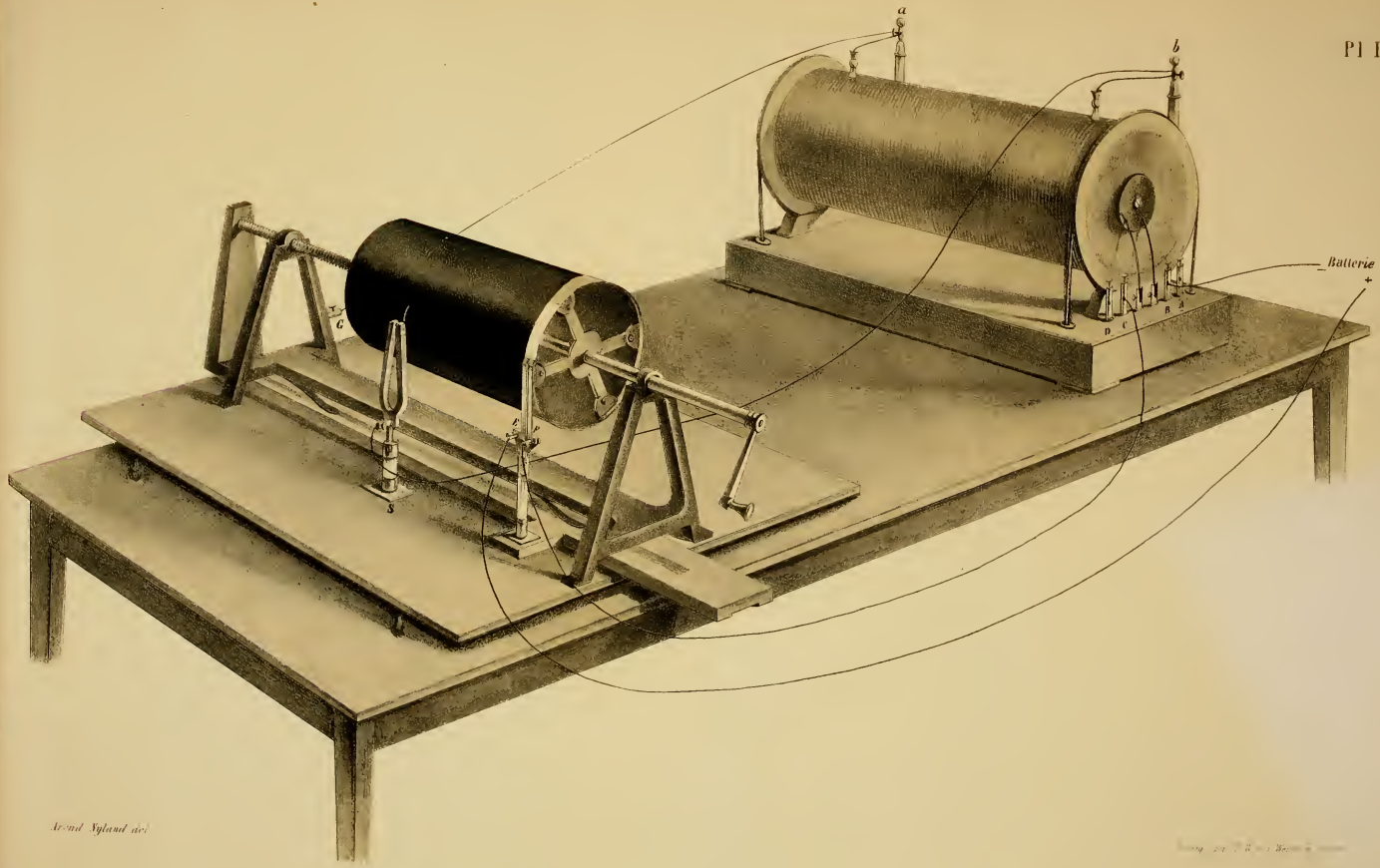
Trois individus au Musée de Leyde, deux adultes (qui ont servi pour la présente étude), et un jeune, sans lieu d'origine, reçu de M. Schaufuss.

Par une communication verbale de mon ami M. van Bemmelen, directeur du Jardin zoologique de Rotterdam, j'ai appris que ce singe, dont l'établissement en question a reçu successivement 5 exemplaires, provient du royaume de Loango, sur la côte occidentale de l'Afrique.

Dans l'établissement ils étaient nourris avec du maïs, du pain et des choux blancs; ils recevaient en outre, chaque jour, un peu de viande crue et quelques œufs. Malheureusement on n'a pas réussi jusqu'ici à conserver ces animaux longtemps en vie.

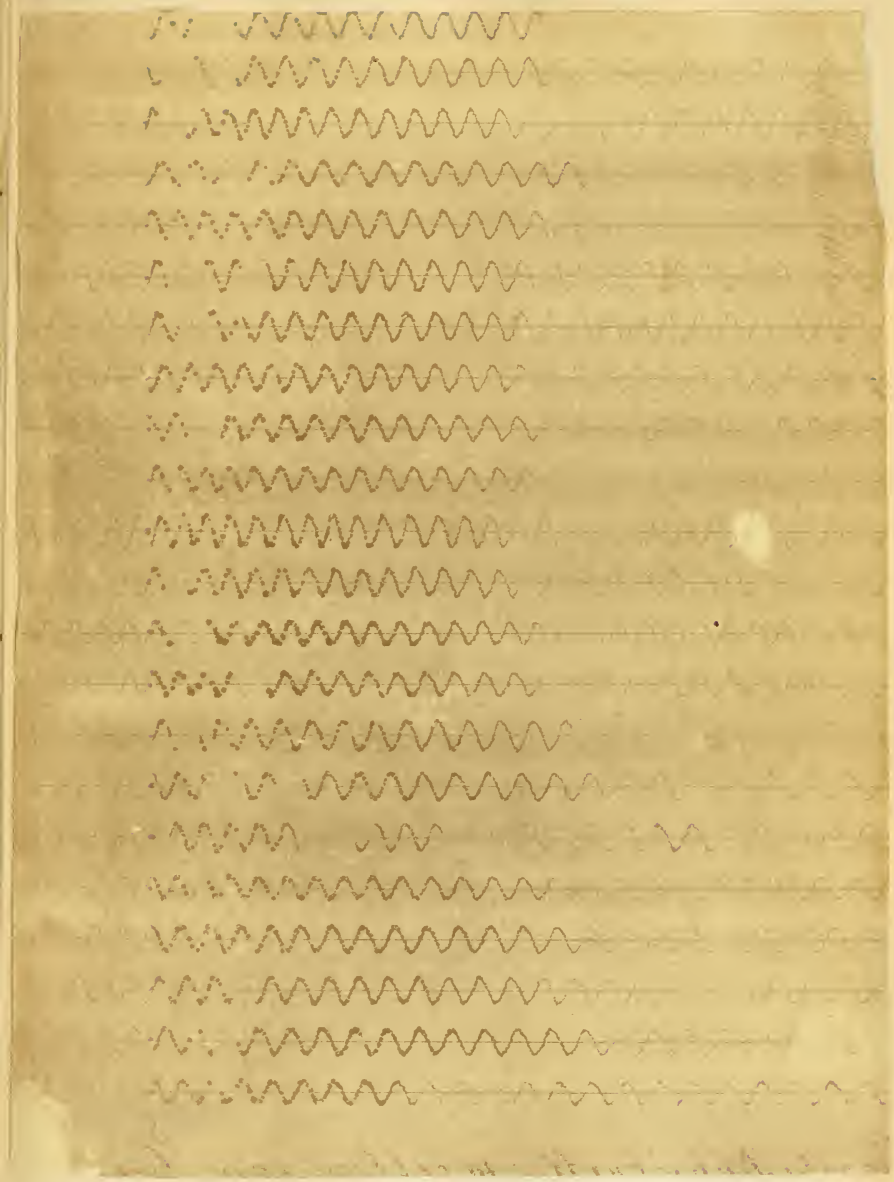
Dans les individus que j'ai étudiés les poumons étaient tuberculeux à un haut degré.

LEYDE, Septembre 1870.



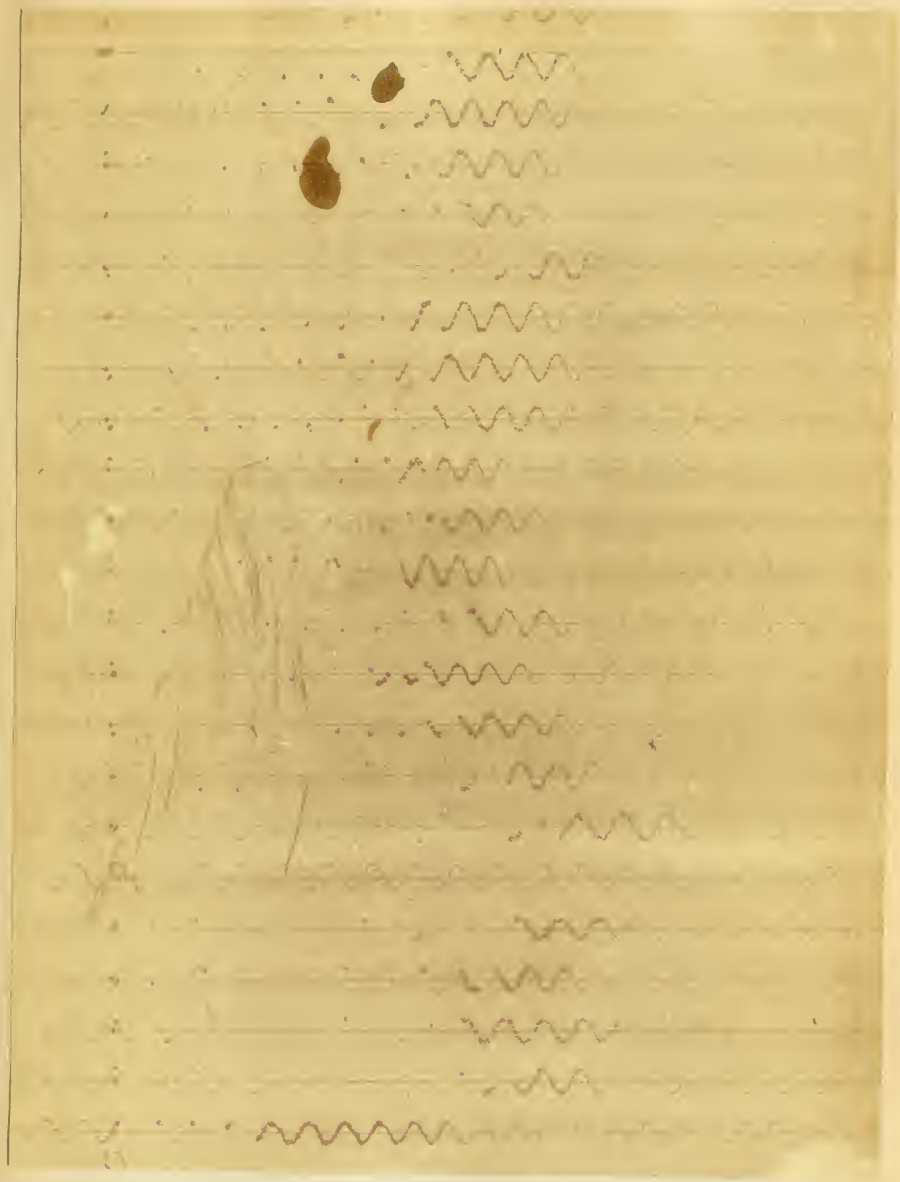
Arnd Sylaud del.

INDUCTEUR DE RUHMKORFF AVEC APPAREIL D'ENRÉGISTRATION.



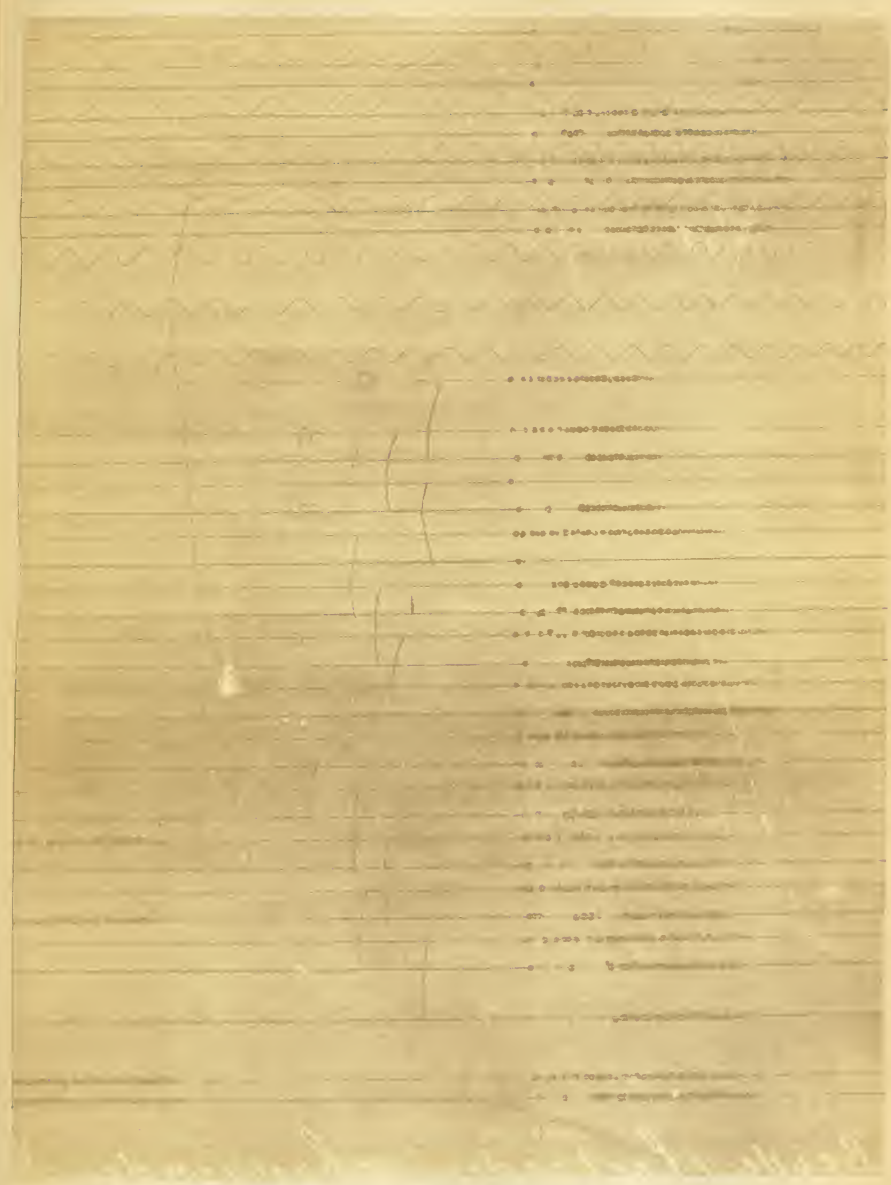
Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 10 éléments de Grove.
Décharges de fermeture. (*Mailpapier*).

Peu d'interruptions, parce que *b* communiquait avec le diapason et *a* avec le cylindre.

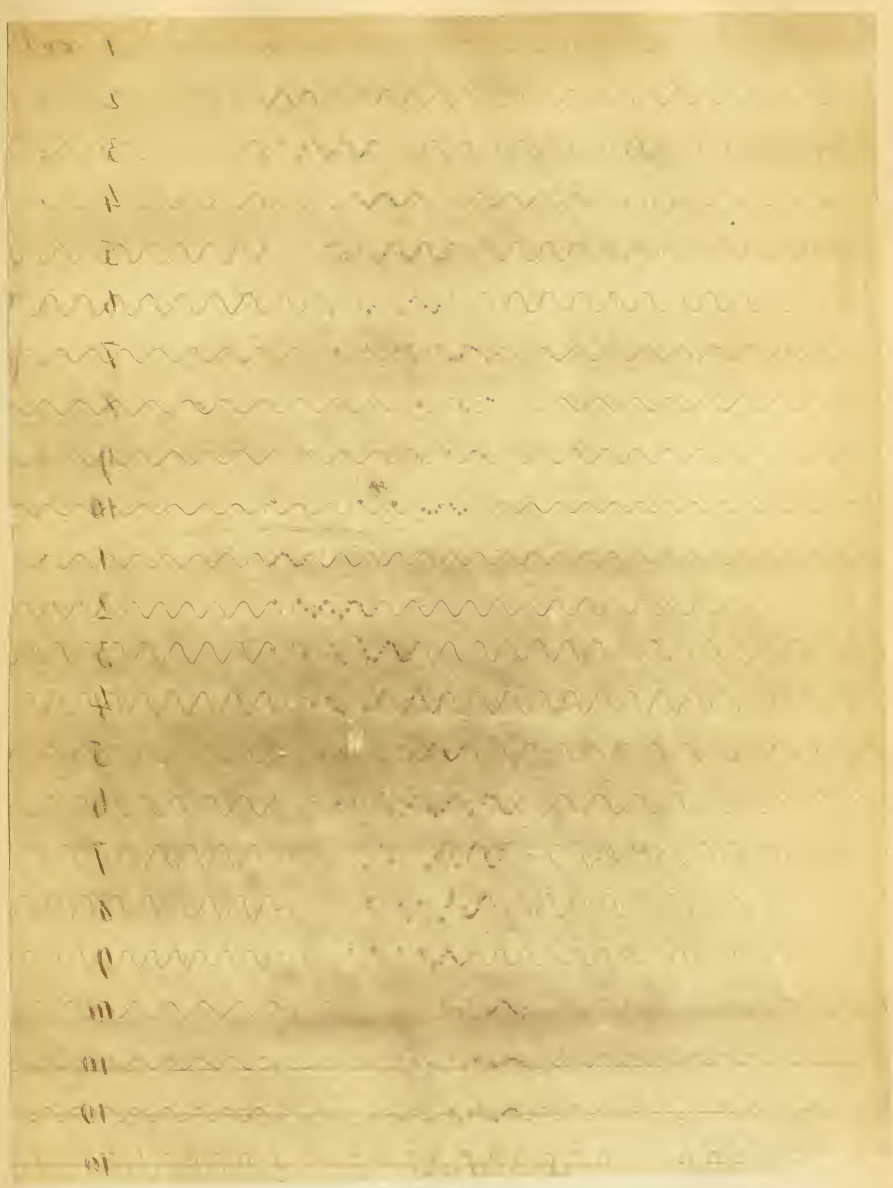


Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 10 éléments de Grove.
Décharches d'ouverture. (*Papier vélin*).

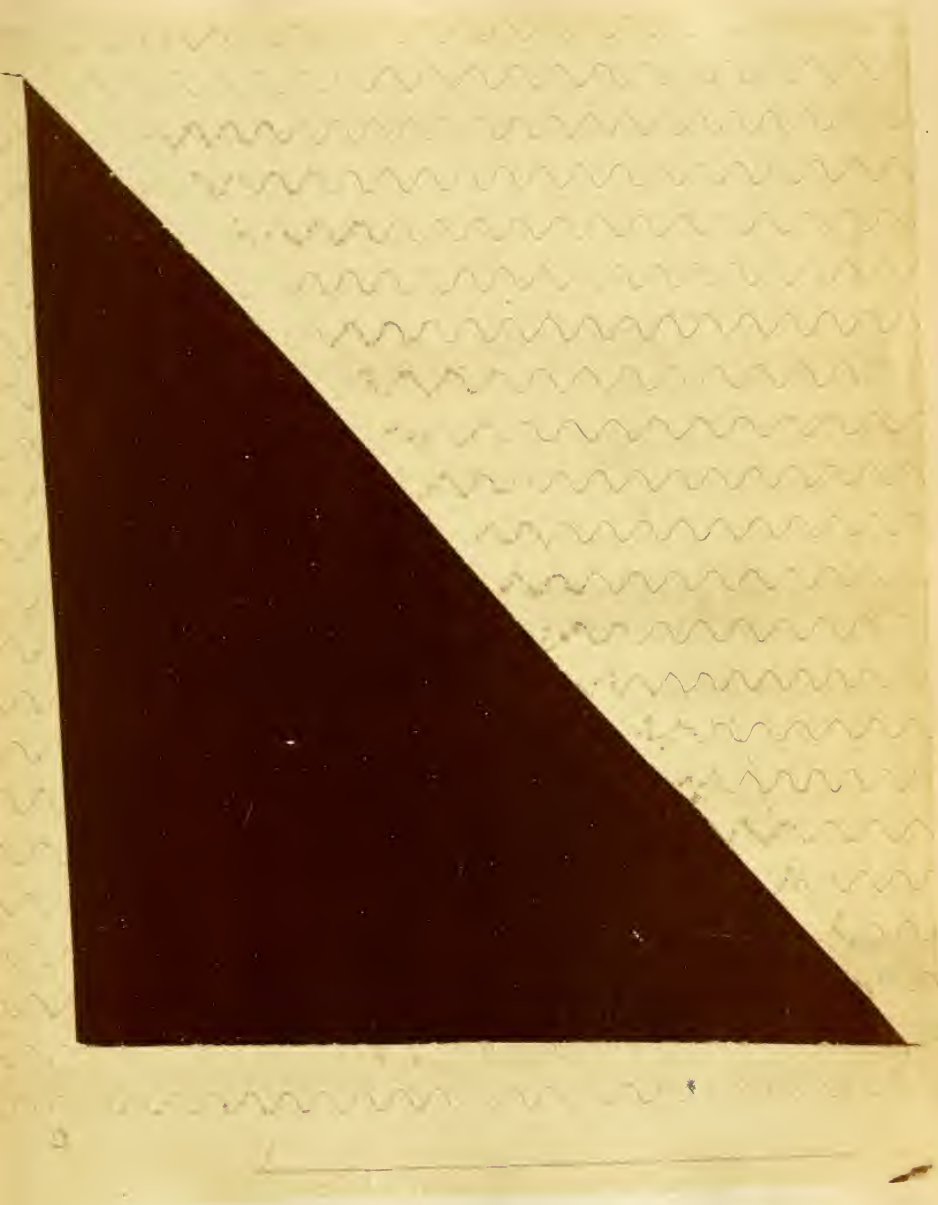
Beaucoup d'interruptions, parce que *b* communiquait avec le diapason et *a* avec le cylindre.



Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 10 éléments de Grove.
Les deux électrodes écrivant à la fois. (*Mailpapier*).

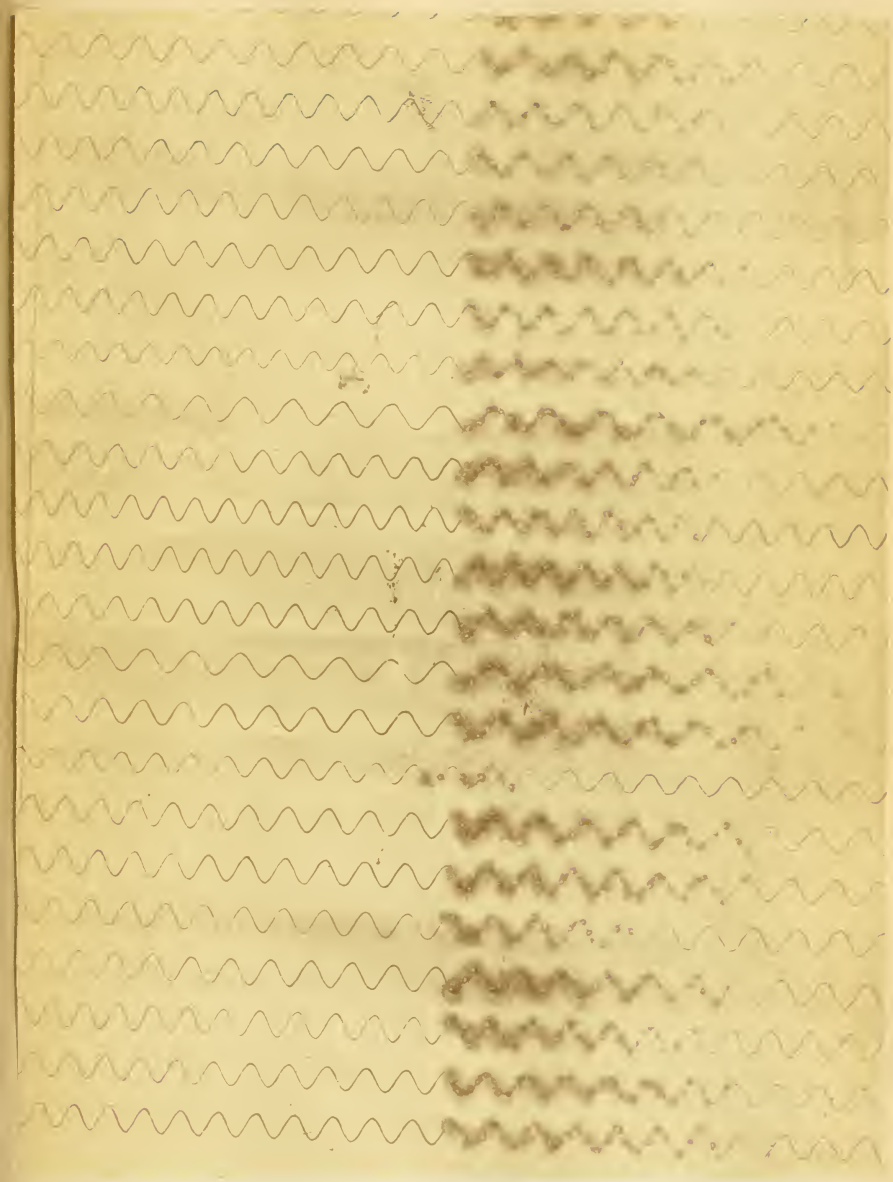


Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 1—10 éléments de Grove.
Durée de la première interruption à l'ouverture. (*Papier vélin*).



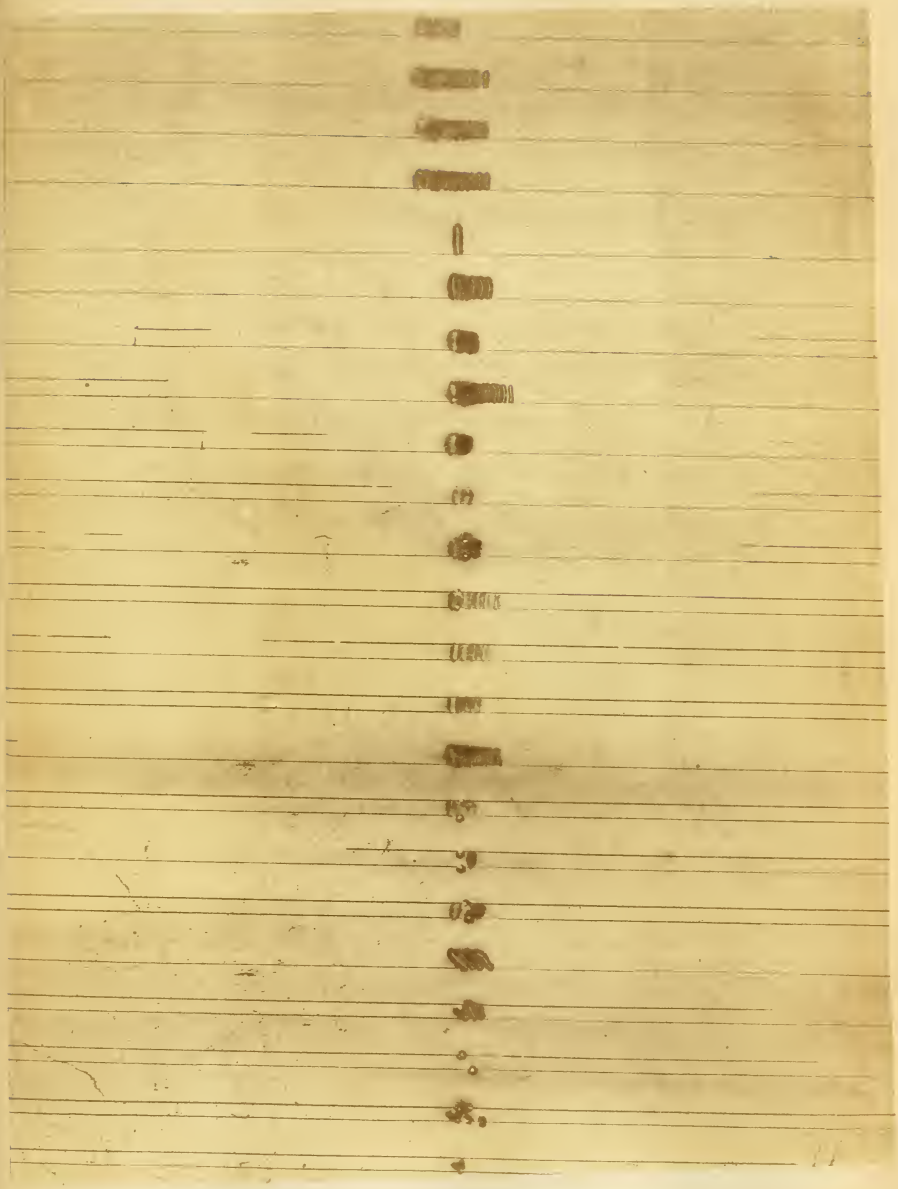
Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 8 éléments de Grove.
Durée de la décharge d'ouverture, croissant avec l'étendue du contact métallique. (*Papier vélin*).

Grand Ruhmkorff, sans condensateur; 4 éléments de Grove.
Décharges d'ouverture avec micromètre à étincelles. (*Papier vélin*).



Grand Ruhmkorff, 10 éléments de Grove.

Décharges d'ouverture avec bouteille de Leyde. (*Papier vélin*).



Grand Ruhmkorff, 10 éléments de Grove.

Images des étincelles de la décharge de fermeture, avec bouteille de Leyde. (*Papier vélin*).

ARCHIVES NÉERLANDAISES
DES
Sciences exactes et naturelles.

MATÉRIAUX POUR LA CONNAISSANCE DU BASALTE,

PAR

F. SEELHEIM.

Les recherches dont je vais rendre compte doivent leur origine première à une question purement pratique, dont la solution toutefois entraînait nécessairement dans des considérations intimement liées à la composition et au mode de formation du basalte. Comme, sur ces deux points, il règne encore toujours des incertitudes et des divergences d'opinion, je crois devoir communiquer les résultats obtenus, d'autant plus qu'ils ont conduit à une vue bien déterminée relativement à la genèse de la roche en question.

Parmi les prismes de basalte employés, à Middelbourg, dans la construction d'un quai de déchargement, au port du nouveau canal, il s'en trouvait un grand nombre qui donnaient lieu d'observer un phénomène particulier: les prismes bien constitués, à cinq ou à six pans, parfaitement intacts, éclataient d'eux-mêmes, comme on disait, en une foule de petits fragments. Après être restés exposés quelque temps à l'influence des agents atmosphériques, les prismes montraient un grand nombre de fentes longitudinales et transversales, qui les divisaient en parties irrégulières, de la grandeur de la main; dans quelques-uns même la désagrégation était poussée si loin, qu'on pouvait les réduire

sous les doigts en grains de la grosseur d'un pois. Comme ce phénomène n'était pas borné à quelques cas isolés, mais se manifestait sur des centaines de prismes, je fus prié de chercher un caractère qui permît de distinguer ces pierres, impropres à tout service, de celles qui avaient la solidité requise.

Les prismes où la décrépitation se prononçait le plus fortement provenaient de la carrière du Römerichkopf, près de Linz, sur la rive droite du Rhin. Dans cette carrière même je reconnus également le fait dont il s'agit, tant sur des fragments détachés, éparpillés sur le sol, que, çà et là, sur les prismes en place, surtout sur ceux qui étaient rapprochés des pentes, tandis que, plus vers le centre de la montagne, la roche, dressée en colonnes élancées, à angles obtus, reliées entre elles par de minces couches d'argile, paraissait de qualité irréprochable. A la surface les prismes montraient, sur l'épaisseur d'une feuille de papier, la couche altérée bien connue, de couleur grise; à l'intérieur ils étaient noirs, à cassure inégale et très grenue, parsemés de grains d'olivine, et sans autre trace d'altération qu'une teinte rougeâtre répandue quelquefois sur ces grains d'olivine jusqu'à une profondeur de 1 centimètre. Poids spécifique = 3,006.

Mon premier soin fut maintenant de chercher la cause de la rupture. Il ne fallait pas songer ici à un effet de dessiccation, vu que des petits fragments de basalte frais, laissés pendant plusieurs semaines dans l'exsiccatenr, en présence de l'acide sulfurique, ne perdaient rien de leur poids; il ne pouvait être question davantage d'une pénétration d'humidité, car lorsque les fragments, immergés dans l'eau, étaient portés sous le récipient de la machine pneumatique et maintenus pendant longtemps dans le vide, il ne s'en séparait d'autres bulles que celles qui provenaient de la couche d'air adhérente à la surface, tandis que le poids des fragments, essuyés à la surface, ne dénotait aucune variation, et que l'intérieur ne laissait voir aucune trace de pénétration d'humidité.

Lorsqu'au contraire on exposait les fragments, dans une étuve à air ou à eau chaude, à une température de 50° seulement,

ils ne tardaient pas à se remplir de fissures, devenaient friables, et montraient à la surface, ainsi que dans toute la masse, une quantité de points étoilés, d'un gris clair, particularité qui s'observait aussi sur les fragments éclatés spontanément et dans beaucoup de morceaux encore compactes, à la surface de la cassure.

Le même phénomène ne se produisait pas quand les fragments étaient introduits dans un mélange réfrigérant de sel de Glauber et d'acide chlorhydrique, et qu'ils restaient pendant douze heures dans ce mélange plusieurs fois renouvelé et donnant lieu à un froid d'au moins 14°.

D'après cela, le signe auquel on pouvait reconnaître la propriété d'éclater, savoir, l'effet d'un échauffement modéré, était trouvé: car toutes les autres variétés de basalte, à cassure unie ou moins grenue, traitées de la même manière, ou même chauffées jusqu'à 100° et au-delà, gardaient leur cohérence.

Une autre question était de savoir de quelle manière l'échauffement occasionnait la rupture. En cherchant la réponse à cette question, je songeai d'abord à l'assertion de M. Mohr [1]), d'après laquelle le basalte renfermerait une petite quantité d'eau, contenue dans des cellules capillaires closes de toutes parts: dans le cas où cette eau remplirait toute la capacité des cellules, sa dilatation par la chaleur pouvait donner l'explication du phénomène.

Mais, en admettant même la réalité de l'existence de ces cellules, on devrait s'attendre à voir la dilatation due à la congélation de l'eau produire le même effet que l'échauffement; or, comme cela n'avait pas lieu, je renonçai à cette explication, bien qu'il ne soit pas impossible que la cause indiquée contribue au résultat.

J'instituai maintenant une expérience à l'effet de constater si l'un ou l'autre gaz à l'état libre, par exemple de l'acide carbonique, pouvait se trouver emprisonné dans de semblables pores du basalte. Un grand morceau de basalte ayant été placé dans un vase de cuivre susceptible d'être fermé hermétiquement, on fit le

---

[1]) F. Mohr, *Geschichte der Erde.*

vide dans ce vase au moyen de la pompe pneumatique à mercure de Geissler. Après que le mercure du manomètre se fut maintenu pendant un demi-jour au même niveau dans les deux branches, on chauffa le vase à une température de 100°. La rupture eut lieu successivement, avec un bruit de crépitation, et il se forma un enduit d'humidité dans le tube qui reliait le vase à la pompe pneumatique; mais, lorsque cette humidité eut été absorbée par le chlorure de calcium de l'appareil de dessiccation, le mercure du manomètre ne montra qu'une différence de niveau très insignifiante, et bien que, en faisant fonctionner de nouveau la pompe, de l'eau de baryte interposée se troubla légèrement, ce trouble était trop faible pour qu'il y eût lieu d'en tenir compte. Il n'y avait donc pas non plus de gaz emprisonné dans le basalte.

Le poids spécifique n'est pas changé après la décrépitation. C'est donc la dilatation passagère, due à l'échauffement, qui produit la rupture. Or, lorsqu'un corps solide homogène est soumis à un échauffement uniforme, son volume total peut bien augmenter, mais il est tout à fait impossible qu'il se brise. Par conséquent il faut, ou bien que l'échauffement ne soit pas uniforme, ou bien que la masse ne soit pas homogène. Si c'était le défaut d'égalité dans l'échauffement qui occasionnait la rupture, le phénomène devrait s'observer également dans les autres sortes de basalte; comme il ne se manifeste toutefois, même après une application prolongée de la chaleur, que chez la seule variété dont il est ici question, il ne reste d'autre alternative que de l'attribuer à une inégalité de dilatation due à l'inégalité de structure de l'agrégat minéral, et par suite de laquelle les points où la tension est la plus forte se réunissent par des fissures. Ainsi s'explique aussi pourquoi la dislocation atteint tout spécialement les basaltes qui présentent une cassure à gros grains, car il est probable que chez ceux-là l'hétérogénéité de structure est plus grande que chez les basaltes à cassure unie, lesquels, toutefois, ne sont pas entièrement à l'abri du phénomène. Au Domkopf près d'Unkelbach sur le Rhin, au Meissner en Hesse, et dans d'autres localités, j'ai vu de ces masses réduites en fragments, — souvent

cimentés de nouveau par de l'oxyde de fer et du carbonate de chaux, — parmi les prismes détachés et épars sur le sol; à l'intérieur des montagnes basaltiques, là où la roche en place est préservée de l'influence des rayons solaires, je n'ai jamais rien remarqué de semblable. Les petites taches étoilées, d'un gris clair, que montre le basalte éclaté, sont les particules de la pâte qui ont été rompues violemment lors de la division de la masse, et qui paraissent plus claires parce qu'elles réfléchissent plus de lumière.

Le phénomène dont il s'agit ici est donc entièrement différent de celui de la division du basalte en prismes, lequel, comme M. Mohr l'a prouvé clairement, est dû au retrait occasionné par la transformation du carbonate de fer en oxyde magnétique.

Pour contribuer à la connaissance de la nature du basalte, sur laquelle on ne possède pas encore des recherches suffisamment complètes, je donne ici les résultats de l'analyse détaillée que j'ai faite d'un échantillon.

Le basalte réduit en poudre extrêmement fine, privée de toute humidité dans l'exsiccateur, fut digéré pendant longtemps avec un grand excès d'acide chlorhydrique pur et concentré; on évapora alors à siccité, on procéda comme pour les silicates solubles ordinaires, et on s'empara de l'acide silicique soluble par une ébullition prolongée et répétée avec du carbonate de soude. La masse qui avait résisté à l'action de ces agents fut fondue avec du bisulfate de potasse; à ce sujet, je remarquerai que le traitement par l'acide sulfurique concentré suffit également, lorsqu'on le continue pendant longtemps. L'acide silicique fut extrait par une dissolution faible de soude. Enfin le résidu insoluble fut attaqué et analysé ultérieurement par les méthodes connues. L'acide carbonique fut déterminé, sur 50 grammes de matière, en faisant absorber le gaz par l'eau de baryte; le dosage de l'oxyde de fer eut lieu par la méthode iodométrique de M. Mohr.

L'analyse donna en 100 parties:

			En équivalents.
Partie insoluble 40,64	Acide silicique	25,72	0,8384
	Alumine	4,20	0,0819
	Chaux	4,01	0,1432
	Magnésie	2,18	0,1090
	Soude et un peu de potasse	1,82	0,0587
	Oxydule de fer	2,71	0,0753
Partie attaquable par le bisulfate de potasse 3,61	Acide silicique	1,89	0,0613
	Alumine (renfermant une très petite quantité de fer).	1,72	0,0335
Partie attaquable par l'acide chlorhydrique 55,47	Acide silicique	20,43	0,6630
	Alumine	11,80	0,2302
	Chaux	5,32 (— 0,44)	0,1743
	Magnésie	2,00	0,1000
	Potassse	0,36	0,0076
	Soude	2,50	0,0806
	Oxyde de fer	3,49	0,0436
	Oxydule de fer	6,67	0,1853
	Acide carbonique	0,12	
	Acide phosphorique	0,25	
	Eau	2,53	
		99,72	

Des résultats de cette analyse on peut déduire, avec un degré suffisant de certitude, la composition minéralogique du basalte.

$$0{,}4914\,SiO_2 + 0{,}0819\,Al_2O_3 + 0{,}0587\,NaO + 0{,}0232\,CaO$$

donnent le rapport 6 : 1 : 1, ou la formule

$$RO,\ Al_2O_3,\ 6\,SiO_2,$$

c'est-à-dire du feldspath normal, dans lequel RO est représenté par de la soude, de la chaux et très peu de potasse.

$$0{,}3434\,SiO_2 + 0{,}1200\,CaO + 0{,}1090\,MgO + 0{,}0753\,FeO$$

donnent approximativement le rapport 1 : 1, ou la formule

$$RO,\ SiO_2,$$

qui est celle du pyroxène, RO comprenant, comme éléments vicariants, les monoxydes chaux, magnésie et oxydule de fer.

Le silicate d'alumine, la partie attaquable par le bisulfate de potasse, présente le rapport 1 : 2, c'est-à-dire la formule

$$Al_2O_3,\ 2\,SiO_2.$$

Pour ce qui regarde la partie soluble, il est probable que les petites quantités d'acide carbonique et d'acide phosphorique sont unies à de la chaux. On obtient ensuite:

$$0{,}0436\,Fe_2O_3 + 0{,}0436\,FeO = FeO\,,\,Fe_2O_3\,,$$

ou du fer oxydé magnétique; puis

$$0{,}1417\,FeO + 0{,}1000\,MgO + 0{,}1208\,SiO_2\,,$$

ou le rapport $2 : 1 = 2\,RO\,,\,SiO_2\,,$

c'est-à-dire la composition de l'olivine. Comme les analyses de l'olivine montrent toujours très exactement le rapport 1 : 1 entre les quantités d'oxygène, on peut faire ce calcul avec une entière certitude.

Vient alors un silicate d'alumine et de chaux, savoir

$$0{,}1743\,CaO + 0{,}1743\,Al_2O_3 + 0{,}3486\,SiO_2\,,$$

donnant le rapport 1 : 1 : 2, ou la formule

$$CaO\,,\,Al_2O_3\,,\,2SiO_2\,,$$

qui est celle de l'anorthite;

$$0{,}1677\,SiO_2 + 0{,}0559\,Al_2O_3 + 0{,}0559\,NaO,$$

correspondant à la formule

$$Al_2O_3\,,\,2\,SiO_2 + \left.\begin{matrix}NaO\\KO\end{matrix}\right\}SiO_2,$$

qui représente la natrolite; enfin,

$$0{,}0259\,SiO_2 + 0{,}0247\,NaO + 0{,}0076\,KO,$$

fournissant un résidu de silicate alcalin.

D'après cela, la composition minéralogique du basalte analysé peut être exprimée de la manière suivante:

Feldspath	$\left.\begin{matrix}Na\\K\\Ca\end{matrix}\right\}O, Al_2O_3, 6\,SiO_2$	21,82 p %.
Pyroxène	$\left.\begin{matrix}Ca\\Mg\\Fe\end{matrix}\right\}O, SiO_2$	18,83
Argile	$Al_2O_3, 2\,SiO_2$	3,62
Anorthite	$CaO, Al_2O_3, 2\,SiO_2$	24,56
Natrolite	$NaO, Al_2O_3, 3\,SiO_2$	9,76
Olivine	$2\left.\begin{matrix}Mg\\Fe\end{matrix}\right\}O, SiO_2$	10,83
Fer oxydé magnétique		5,06
Carbonate de chaux		0.27
Phosphate de chaux Ca_3PhO_8		0,54
Silicate alcalin (Résidu)		1,90
Eau		2,53
		99,72

Ce qu'il y a de plus remarquable dans cette composition, c'est la présence d'un élément argileux. Est-ce de l'argile véritable, — auquel cas il faudrait lui rapporter aussi une partie de l'eau, — ou bien quelque autre silicate alumineux? J'opine pour la première hypothèse, attendu que la présence de cet élément se laisse aussi constater par simple lévigation: il suffit même de concasser en gros grains, sous l'eau, quelques petits morceaux de basalte, pour que l'eau se trouble fortement par de l'argile mise en suspension et qui ne se dépose qu'après un repos prolongé. Cette argile ne peut d'ailleurs être regardée comme un produit de décomposition du basalte, car la roche analysée était parfaitement intacte et inaltérée. Nous verrons plus bas quelle est la signification qu'on doit y attacher.

Le silicate alcalin figure ici naturellement comme simple résultat de calcul, comme reste, dans lequel se concentrent les erreurs de détermination des autres éléments. Néanmoins, il paraît exister réellement un peu de silicate alcalin libre dans le basalte: en effet, quand on fait bouillir dans l'eau la matière pulvérisée, on obtient une solution à réaction fortement alcaline et qui renferme une petite quantité de silicate alcalin.

Je m'abstiens de tout calcul ultérieur relativement à la distribution de l'eau, afin de n'obscurcir l'analyse par aucune interprétation arbitraire.

J'aborde maintenant la question de la formation du basalte par la voie humide, — car, après les arguments et les preuves que M. Mohr a fait valoir contre l'admission d'une origine ignée, celle-ci ne peut plus guère se soutenir. Il est vrai que, en dépit de cette démonstration, les partisans de l'hypothèse plutoniste continuent à prétendre que certains basaltes, tels par exemple que celui du Meissner, dans la Hesse, ont produit sur les roches avoisinantes des métamorphoses qui ne peuvent s'expliquer que par une température élevée; mais, au moins en ce qui concerne le basalte qui vient d'être cité, je suis en mesure de contester cette assertion. Le lignite bacillaire noir qu'on trouve au Meissner

n'est pas du lignite brun altéré par la chaleur; c'est ce que M. Bischof avait déjà remarqué et ce dont il est facile de s'assurer, sur les lieux, par la simple inspection. Le lignite bacillaire noir étant situé en couches au-dessus du lignite conchoïde brun, il serait impossible qu'il eût été modifié par une action calorifique, émanant du basalte, sans que la masse ligniteuse sous-jacente eût éprouvé un effet analogue, puisqu'elle se trouve également en contact avec la roche basaltique. Le fait seul, que les deux variétés sont fortement bitumineuses, prouve qu'elles n'ont pas été exposées à une haute température. Entre le basalte et le lignite, s'interpose une couche mince d'argile, qui, là où elle arrive au jour, montre une structure bacillaire et feuilletée et une couleur rouge. L'argile offre souvent une cassure lisse, ainsi qu'une cohérence et une imperméabilité remarquables. En ce qui concerne cette matière, M. Bischof lui-même paraît porté à croire qu'elle a dû sa structure bacillaire à l'influence d'une forte chaleur. D'autres, à cause de sa couleur rouge et de sa grande cohérence, — que du reste elle n'acquiert que lorsqu'elle est restée pendant longtemps dans un lieu sec, — la regardent comme de l'argile calcinée ou du jaspe-porcelaine. Mais d'abord, d'une manière générale, ce que l'on appelle jaspe-porcelaine est le plus souvent, non de l'argile calcinée, mais de l'argile qui a été pénétrée par de l'acide silicique et des silicates, et dont le poids spécifique, ordinairement égal à 2,5—2,6, ne s'accorde pas avec l'hypothèse qui attribue à la calcination l'aspect de la masse. Ensuite, dans le cas actuel, on voit très clairement que la matière n'est pas autre chose qu'un produit de décomposition du basalte; car, lorsqu'on casse de gros morceaux, il n'est pas rare d'y trouver un noyau de basalte à gros grain, montrant, de dedans en dehors, des traces de plus en plus prononcées d'altération et de transformation en argile rouge, de sorte que le passage insensible du basalte au jaspe-porcelaine est incontestable. Il faut ajouter que l'argile renferme de l'eau, qu'elle abandonne par la calcination. La couleur rouge, qui s'observe surtout aux surfaces exposées à l'air, n'a besoin d'aucune explication, attendu que le peroxyde de fer doit

nécessairement faire partie des produits de la décomposition du basalte; d'un autre côté, la décoloration, qui se voit ailleurs, est un effet de réduction dû au lignite. Il résulte donc de ce qui précède, que le basalte n'a joué, par rapport au lignite, qu'un rôle purement passif, et que c'est plutôt ce dernier qui, avec le concours de l'atmosphère, a déterminé la métamorphose du basalte en argile.

Si l'hypothése de l'origine ignée du basalte peut être considérée aujourd'hui comme appartenant à l'histoire de la géologie, on doit reconnaître pourtant que la simple affirmation de la production par la voie humide ne constitue pas une explication suffisante, et que la nature mystérieuse du phénomène demande encore à être éclaircie. M. Mohr dit à ce sujet: „Nous restons dans le doute, si le basalte doit être regardé simplement comme le résultat de l'infiltration, dans des terrains calcaires, de liquides chargés de silice et d'alumine, ou si, dans certains cas, tous les éléments de la roche ont pu se trouver en dissolution et se déposer simultanément." En supposant l'infiltration dans une roche calcaire, il faudrait, pour donner naissance à du basalte, qu'environ 90 pour cent du calcaire eussent été emportés et remplacés par une quantité équivalente d'autres éléments basaltiques, de sorte que, au fond, il n'y aurait pas grande différence entre une infiltration de ce genre et une formation de toutes pièces au sein d'une dissolution. Une pareille formation par cristallisation, au milieu des terrains stratifiés, auxquels le basalte appartient exclusivement, constituerait toutefois une énigme beaucoup plus obscure que celle qu'elle serait destinée à expliquer.

Au sujet des vues de MM. Grandjean et Bischof, qui font dériver le basalte de l'argile, — vues qui ont été développées, mais non établies avec évidence, dans le Traité de M. Bischof, — M. Mohr fait la remarque suivante: „L'argile est un produit de la décomposition du basalte, elle n'est pas sa matière première. Nulle part on ne trouve des masses d'argile telles qu'elles seraient nécessaires pour rendre compte des prodigieux dépôts de basalte qui existent dans la nature. Les vues de M. Bischof ou de M.

Grandjean ne reposent par conséquent sur aucune base scientifique ou positive."

De pareilles masses d'argile sont toutefois beaucoup plus faciles à trouver que les matériaux qu'exigerait la production du basalte au sein d'une dissolution. C'est ainsi qu'à peu de distance d'ici, dans la cour de la prison de Goes (île de Sud-Béveland), on fore un puits artésien, qui a déjà pénétré à une profondeur de 170 mètres dans une couche d'argile, — que j'ai suivie de pied en pied et sur laquelle je communiquerai peut-être plus tard quelques détails, — sans l'avoir traversée. Si cette argile était employée à former du basalte, elle pourrait donner naissance à une montagne qui n'aurait pas trop à rougir devant ses sœurs plus anciennes. D'ailleurs, les schistes argileux anciens, dont les dépôts sont beaucoup plus puissants, ne doivent-ils pas aussi, incontestablement, leur origine à des argiles? L'objection tirée de la masse du basalte ne semble donc pas avoir un bien grand poids.

Une autre question est de savoir si la formation du basalte aux dépens de l'argile rentre dans les possibilités chimiques et géologiques. Pour décider cette question, il est nécessaire de comparer la composition des argiles avec celle du basalte, et, à cet effet, je prendrai pour exemple le résultat d'une analyse d'argile, que j'ai exécutée il y a quelque temps:

Argile diluvienne de Westerweyhe.

Partie soluble dans l'acide chlorhydrique.	Acide carbonique	12,37
	Chaux	14,03
	Acide silicique	2,26
	Alumine	3,42
	Oxyde de fer	3,55
	Magnésie	2,04
	Potasse	0.50
	Soude	3,39
	Eau	5,79
	Matière organique	0,77
Argile	Alumine	6,39
	Acide silicique	12,51
Partie insoluble, essentiellement:	Acide silicique	33,04
		100,06

On voit que l'argile renferme tous les éléments nécessaires pour la formation du basalte, et qu'on n'a pas besoin de recourir à une infiltration préalable de principes étrangers; la seule réaction mutuelle des matières en présence, principalement celle du carbonate de chaux et du silicate alcalin sur l'argile et sur la partie insoluble, ainsi que la réduction de l'oxyde de fer par la matière organique, suffisent pour faire concevoir la possibilité de la transformation en basalte.

Mais, j'ai aussi à donner un argument chimique positif en faveur de cette origine du basalte, savoir la production artificielle, au moyen de l'argile, par la voie humide, de silicates, et précisément de silicates qui se trouvent réellement dans le basalte. Je me suis servi d'un kaolin pur, qui fut d'abord mis en digestion dans l'acide chlorhydrique, ramené à siccité, humecté avec de l'acide chlorhydriqne concentré, puis lavé; l'acide silicique mis en liberté fut alors extrait au moyen de l'ébullition avec du carbonate de soude. L'argile purifiée fut soumise une seconde fois à la même série d'opérations, de sorte qu'elle ne pouvait plus rien contenir de soluble. Cette argile fut alors mélangée avec une dissolution de silicate de soude, et le mélange liquide fut introduit dans un tube de cuivre forgé, qui se fermait à l'aide d'un bouton à vis et qui était capable de supporter une très forte pression. Le tube ainsi rempli fut chauffé pendant huit heures, dans un bain d'air, à une température de 200—300°. Après le refroidissement, le tube ayant été ouvert, le contenu se présenta sous forme d'un liquide clair, tenant en mélange une poudre grenue, cristalline, qui se laissait facilement séparer par lévigation et qui se déposait immédiatement au fond du vase. Examinée sous le microscope, cette poudre se montra composée de magnifiques groupes cristallins, d'une forme sphéroïdale et d'une structure bacillaire-radiée et concentrique, exactement comme on le voit dans la wavellite et la natrolite. Les grains cristallins furent lavés par le procédé de Bunsen, puis séchés en les pressant d'abord entre du papier brouillard et les laissant ensuite séjourner quelque temps dans l'exsiccateur. Leur analyse, —

ils formaient un silicate attaquable par l'acide chlorhydrique, — donna, après déduction d'un reste d'argile non transformée, les résultats suivants :

Acide silicique	47.68
Alumine	24,11
Soude	18.86
Eau	9,35
	100,00

résultats qui permettent d'établir, avec une assurance suffisante, la formule

$$Al_2O_3,\ 2SiO_2 + NaO,\ SiO_2 + 2HO,$$

montrant que le corps cristallin qui a pris naissance est de la natrolite.

Or l'analyse du basalte a conduit, de la manière la plus naturelle, à y reconnaître la présence de la natrolite, de sorte qu'on peut regarder comme démontrée, analytiquement et synthétiquement, la formation de la natrolite basaltique au moyen de l'argile, par la voie humide. L'existence, dans le basalte, d'une certaine quantité d'argile non altérée et ayant échappé jusqu'ici à la transformation, fournit un nouvel appui à l'opinion qui fait dériver le basalte de l'argile. En renfermant dans mon tube de cuivre de la chaux carbonatée cristallisée, du kaolin et de l'eau, j'ai également obtenu un silicate alumino-calcique attaquable par l'acide chlorhydrique, sur lequel je me propose de revenir ultérieurement, de même que sur l'action que l'argile éprouve, par la méthode indiquée, de divers autres agents. Dès à présent toutefois, je crois pouvoir regarder comme prouvée, sous le rapport chimique, la transformation de l'argile en basalte.

Les considérations géologiques, de leur côté, ne contredisent pas cette opinion, mais tendent plutôt à la confirmer. Le basalte se présente dans la nature sous forme de nappes, de dômes et de filons. Les nappes se reconnaissent pour des couches soulevées : tel est, par exemple, le Meissner, qui a un versant rapide et un autre moins incliné, et qui est placé entre des couches également soulevées de muschelkalk, de keuper et de grès bigarré. Les dômes et les cônes montrent ordinairement

le mieux la division prismatique, dans le sens vertical et à partir des surfaces de contact. Or, comme la division prismatique est due à la résistance que le basalte a éprouvée dans son retrait, par suite du frottement sur les faces de contact, il a dû arriver que là où ce frottement était le plus considérable, c'est-à-dire sur la base horizontale, les vides ont été plus grands qu'à la partie supérieure; il a pu en résulter dans les prismes une tendance à l'obliquité vers un axe central, et ainsi s'expliquerait, jusqu'à un certain point, la structure voûtée des cônes basaltiques. Je n'attache toutefois qu'une médiocre importance à cette remarque, attendu que c'est certainement la désagrégation par les agents atmosphériques qui a le plus contribué à produire la forme en dôme. Aux surfaces de contact la roche est ordinairement altérée. J'ai observé un très beau contact, presque vertical, entre le basalte et le schiste argileux, à l'entrée de la carrière de basalte d'Unkelbach: les prismes étaient dirigés perpendiculairement aux joints du schiste, et j'en remarquai quelques-uns, en place dans leur position naturelle, qui étaient tout à fait intacts à une de leurs extrémités, tandis qu'à l'autre ils montraient un passage insensible à une argile schistoïde renfermant des paillettes de mica; ces prismes consistaient donc à un de leurs bouts en schiste altéré, lequel passait successivement au basalte. En général, beaucoup de basaltes, lorsqu'ils sont en voie de décomposition, offrent clairement une division par joints parallèles, de sorte que les prismes se transforment plus ou moins en plaques. J'en ai vu un bel exemple au Meissner. Quant à la question de savoir pourquoi une argile se métamorphose, totalement ou partiellement, tantôt en basalte, tantôt en schiste argileux, je ne hasarderai aucune explication à ce sujet; peut-être le phénomène est-il en connexion avec la formation du mica sous haute pression (voyez Mohr, *Geschichte der Erde*).

La forme de filon, que le basalte affecte souvent, est tout à fait analogue à celle des filons d'argile. J'ai eu l'occasion d'observer, entre autres, un très beau filon d'argile dans la tourbe de l'île de Walcheren, près de Middelbourg.

Les matières étrangères que le basalte renferme quelquefois fournissent une nouvelle preuve de l'origine que nous lui attribuons. J'ai trouvé un prisme de basalte, provenant du Römerich, qui contient, enclavé dans la pâte, un fragment irrégulièrement arrondi de schiste siliceux à veines noires. Le prisme ayant été cassé en trois morceaux, le fragment étranger peut être extrait de sa cavité, ou y être replacé, à volonté. La masse basaltique s'est adaptée exactement à chaque inégalité du fragment; dans les joints on trouve un peu de carbonate de chaux. On ne peut expliquer ce fait, qu'en admettant que le fragment a pénétré dans la masse argileuse, qui plus tard a donné naissance au basalte, à l'époque où elle était encore molle; pendant la transformation, le fragment lui même a d'ailleurs dû rester intact, car, autrement, il aurait contracté une adhérence plus intime avec la pâte basaltique.

On peut maintenant se représenter à peu près de la manière suivante la formation du basalte et les changements successifs qu'il subit. Dans la première période on a une masse argileuse plus ou moins plastique, dans laquelle l'eau peut se diffuser suivant toutes les directions. Les divers éléments en présence commencent à agir les uns sur les autres. Le peroxyde de fer est réduit par les matières organiques. Les carbonates de fer, de chaux et de magnésie, les silicates alcalins, etc. réagissent sur l'acide silicique et sur l'argile. La masse commence à se remplir de productions cristallines, qui se groupent autour de centres distincts et donnent naissance à la structure grenue. L'acide carbonique mis en liberté peut s'échapper lentement, avec l'eau, entre les particules argileuses qui ne sont pas encore entièrement décomposées. La matière prenant une dureté cristalline, tout en étant encore pénétrée de particules argileuses non attaquées, il s'établit nécessairement à l'intérieur un état de cohérence très inégale. La masse montre, au moindre changement de température, le phénomène de la décrépitation, ou est sujette à éclater, sous l'influence d'un pareil changement, en grains anguleux marqués de points étoilés. Si, dans ce stade de durcissement progressif, il se fait un

échange d'acide carbonique contre de l'oxygène, ou une formation de fer oxydé magnétique, d'après la théorie de Mohr, la division prismatique s'opère dans la masse parvenue au degré extrême de fragilité. Enfin, il vient un moment où, la transformation étant achevée, il s'établit un état de stabilité, dans lequel la masse est devenue partout compacte et imperméable et où les communications entre les éléments ont cessé. C'est là la seconde période, de laquelle le basalte passe, quand les circonstances sont favorables, dans un troisième stade. Les parties de fer oxydé magnétique qui, étant rapprochées de la surface des prismes, sont exposées à l'influence de l'air, commencent à s'oxyder. L'oxyde de fer, qui sert, comme l'on sait, de véhicule à l'oxygène, transmet cet élément, d'atome en atome, aux parties intérieures, et les prismes s'entourent, de dehors en dedans, d'une couche colorée en rouge, qu'on trouve, par exemple, très bien caractérisée dans les prismes du Minderberg. Comme l'oxydation, dans sa marche progressive vers l'intérieur, est directement proportionnelle à la surface de la partie attaquée et inversement proportionnelle à son volume, elle avancera plus rapidement à partir des angles, où le quotient de la surface par le volume est plus grand, et la limite d'oxydation se rapprochera de la forme sphéroïdale ou ellipsoïdale. Simultanément, la modification chimique détermine un changement de structure et, par suite, une tendance à la formation de sphéroïdes, ou même une division formelle des prismes en sphéroïdes. Lorsque enfin, — et c'est là la quatrième et dernière période, — l'oxyde de fer est réduit et entraîné par les agents extérieurs, la roche devient poreuse, l'eau s'y infiltre, l'altération commence, et, dans la dernière phase de cette période, le basalte retombe à l'état d'argile; d'autres fois, peut-être, il-subit une transformation en trachyte.

En terminant ces considérations, j'ai à peine besoin de dire que je ne les donne que comme une simple tentative pour approcher peu à peu de la connaissance de la nature du basalte.

MIDDELBOURG, juillet 1870.

MATÉRIAUX

POUR LA CONNAISSANCE DE L'INFLUENCE

DE LA

TEMPÉRATURE SUR LES PLANTES,[1]

PAR

HUGO DE VRIES.

Le but de la physiologie est d'expliquer les phénomènes de la vie par des lois physiques et chimiques. La conviction de la vérité de cette proposition a conduit à une méthode d'investigation qui est déjà depuis longtemps généralement adoptée dans la physiologie du corps humain, où elle donne journellement d'importants résultats. Dans la physiologie végétale, au contraire, elle n'a pas encore été suivie d'une manière aussi complète, et cela par suite de l'extrême imperfection de notre connaissance des lois physiques et chimiques qui devraient servir à rendre compte des phénomènes vitaux des plantes.

Dans le Mémoire dont le titre est cité ci-dessous, en note, j'ai essayé de faire à une partie de la physiologie végétale, pour autant que le permettaient les observations déjà recueillies, l'application de cette méthode. Le résultat aurait été plus satisfaisant si un plus grand nombre de faits avaient pu être traités de la même manière. Mais mon travail m'a donné l'occasion de constater que notre connaissance des faits, en ce qui concerne l'influence de la

---

1) Extrait d'un Mémoire publié sous le titre de: *De invloed der temperatuur op de levensverschijnselen der planten*, par Hugo de Vries, La Haye, Nijhoff, 1870.

température sur les plantes, laisse encore beaucoup à désirer. J'ai donc entrepris quelques recherches pour contribuer à combler cette lacune, et ce sont les résultats de ces recherches que je vais faire connaître.

I. Limite supérieure de température pour la vie végétale.

Relativement à cette limite, M. Sachs [1]) a trouvé qu'elle est située dans l'air vers 50—52°, et dans l'eau vers 45—47°, mais qu'elle est susceptible de varier légèrement suivant l'âge de la partie étudiée. D'après cela, et aussi d'après le fait que beaucoup d'algues vivent, dans des sources thermales, à une température beaucoup plus élevée, il était permis de supposer qu'en étendant davantage les expériences on trouverait des écarts plus ou moins considérables des limites assignées.

Mes recherches ont confirmé cette présomption. Renvoyant à mon Mémoire original pour la méthode d'exécution, qui ne diffère que dans les détails de celle suivie par M. Sachs, je me contenterai ici d'en communiquer, sous forme de tableaux, les principaux résultats. Les colonnes A donnent les plus hautes températures [2]) inoffensives qui ont été observées; les colonnes B, les plus basses températures mortelles observées; la température-limite est donc située entre ces deux; la durée du séjour dans l'enceinte à température constante était de 15 à 30 minutes.

Les expériences du premier tableau ont eu lieu sur des plantes cultivées en pots.

Pour celles des expériences du tableau II qui ont été faites dans l'air, j'ai pris des plantes en pots; pour celles qui ont eu lieu dans l'eau, je me suis servi de feuilles radicales ou de branches feuillées coupées.

---

1) Sachs, *Ueber die obere Temperaturgrenze der Vegetation*, < *Flora*, 1864, p. 5.

2) La température sera constamment donnée en degrés centigrades.

I. Phanérogames.

ESPÈCES.	Racines				Tiges feuillées dans l'eau.	
	Dans l'eau.		Dans la terre sèche.			
	A.	B.	A.	B.	A.	B.
Zea Maïs	45,5°	47,0°	50,1°	52,2°	46,0°	46,8°
Tropaeolum majus	45,5	47,0	50,5	52,0	44,1	45,8
Citrus Aurantium	47,8	50,5			50,3	52,5
Phaseolus vulgaris	45,5	47,0	50,0	51,5		
Calendula officinalis	45,5	47,0	46,2	50,3		
Cannabis sativa			52,0		44,1	45,8
Aquilegia vulgaris	45,0	47,5				
Petroselinum sativum	45,0	47,5				
Campanula latifolia	45,0	47,5				
Rosa sp	45,0	47,5				
Brassica Napus	45,5	47,0	47,9	52,8		
Cytisus Laburnum			48,0	51,0		
Lupinus luteus			50,5	51,8		
Secale Cereale					46,5	48,5
Agrostemma Githago					44,1	45,8
Lupinus albus					44,1	45,8
Phaseolus haematocarpus					44,1	45,8
Helianthus annuus					44,1	45,8
Convolvulus tricolor					44,1	45,8
Polygonum Fagopyrum					44,1	45,8

II. Phanérogames.

ESPÈCES.	Partie étudiée.	Dans l'eau.		Dans l'air.	
		A.	B.	A.	B.
Iris florentina	Sommet de la feuille radicale	49,0°	49,7°	53,2°	55,0°
" "	Base de la même	49,7	51,5	55,0	57,3(?)
Iris sambucina	Sommet de la feuille radicale	50,1	52,1	53,0	55,0
" "	Base de la même	52,1		55,0	57,0
Antheric. ramosum	Sommet de la feuille radicale	50,1	51,5		53,0
" "	Base de la même	51,5	51,7	53,0	54,0
Vinca minor	Jeunes feuilles	46,2	47,8		53,3
" "	Vieilles feuilles	47,8	50,1	53,3	
Erica carnea	Jeunes feuilles	48,5	50,6		
" "	Vieilles feuilles	52,0			
Taxus baccata	Jeunes feuilles	50,6	52,0		
" "	Bases de vieilles feuilles	52,0			
Funkia japonica	Feuille radicale	48,2	50,1	52,0— 55,0	57,2
Saxifraga umbrosa	Vieille feuille	50,6	52,0		
Salisburia adiantif.	Feuille adulte	48,5	50,6		
Hedera Helix	Feuille adulte	48,5	52,0		

III. Cryptogames.
(Plantes entières dans l'eau).

ESPÈCES.	A.	B.	ESPÈCES.	A.	B.
Physcomitrium pyriforme.	46,4°	47,5°	Hydrodictyon utriculatum.	44,2°	46,0°
Funaria hygrometrica....	40,2	43,4	Nostoc rufescens...	30,2	42,2
Dicranum scoparium.....		43,4	Oscillaria Fröhlichii.....	43,4	45,1
Marchantia polymorpha...	44,9	46,4	" anguina.....	43,4	45,1
Lunularia vulgaris.....	43,4	46,4	" chlorina.....	43,4	45,1
Oedogonium sp.....	42,2	44,2	Spirulina Jenneri	43,4	45,1
Spirogyra sp.....	40,5	44,2			

Il résulte de ces tableaux que, pour la majorité des espèces observées, la température-limite de la vie se trouve, dans l'eau, entre 45 et 47°, et dans l'air (ou dans la terre sèche), entre 50 et 52°; mais que, pour certaines espèces, cette limite est située plus haut, et pour d'autres plus bas. Si l'on tient compte, en outre, des algues qui végètent dans les sources thermales, on voit qu'il n'est pas encore possible d'indiquer une température-limite absolue pour la vie végétale en général. Mes expériences confirment d'ailleurs que, dans les cas étudiés, la limite est située plus bas pour les feuilles jeunes que pour les feuilles plus âgées, et plus bas aussi pour le sommet des feuilles allongées que pour leur extrémité inférieure. Les expériences relatives au *Citrus Aurantium* prouvent, en outre, que la température-limite peut aussi être différente pour des organes différents de la même plante.

II. Refroidissement des plantes jusqu'à 0°.

L'observation de M. Bierkander [1]), que les *Cucumis sativus*, *C. Melo*, *Cucurbita Pepo*, *Impatiens Balsamina*, *Ocymum basilicum*, *Portulaca oleracea* et *Solanum tuberosum* ont péri dans des nuits de septembre, à une température de 1—2° au-dessus du point de congélation de l'eau, a donné lieu de supposer que ce degré de température serait directement nuisible aux plantes en question. Pour décider si cette conjecture est fondée, j'ai pris des pieds

1) Voyez: Göppert, *Die Wärme-Entwickelung*, 1830, p. 124.

vigoureux, cultivés en pots, de ces plantes (sauf du *C. Melo*, de *l'Impatiens* et du *Solanum*, que je n'avais pas sous la main), et je les ai plongés, avec leurs tiges et leurs feuilles, dans un mélange d'eau et de glace, où ils ont été maintenus pendant un quart d'heure. Comme tous les organes de ces plantes sont suffisamment minces, ils avaient eu tout le temps de s'abaisser exactement jusqu'à la température de 0°. Or, ni immédiatement après l'expérience, ni pendant les trois semaines qui la suivirent, on ne put constater aucun effet nuisible. L'observation de M. Bierkander ne prouve donc rien pour la nocuité de températures entre 0° et 2°.

Le seul autre fait qui semble plaider en faveur d'une influence nuisible directe, exercée sur les plantes par de basses températures au-dessus de 0°, est celui rapporté par M. Hardy. [1]) Cet observateur a vu, en Algérie, un grand nombre de jeunes arbres des pays tropicaux périr, en automne, à des températures de + 1 à + 5 degrés. Je n'ai pu soumettre à l'expérience que deux des espèces mentionnées par M. Hardy, savoir, le *Bixa Orellana*, qui, d'après lui, était mort à + 3°, et le *Crescentia Cujete*, qui était mort à + 5°. De ces deux espèces, des feuilles ayant tout leur développement ont été immergées pendant 15 minutes dans la glace fondante. Ni dans les premiers instants après l'expérience, ni pendant tout le mois suivant, on n'a pu reconnaître que les feuilles eussent souffert de ce traitement.

Des essais tout semblables, exécutés sur quantité d'autres végétaux tropicaux, m'ont donné le même résultat.

Pour les plantes de M. Bierkander il est donc prouvé, et pour celles de M. Hardy il est très probable qu'elles rentrent dans cette règle générale: que les plantes peuvent, sans inconvénient pour leur vie, être refroidies pendant peu de temps jusqu'à 0°.

III. Innocuité, pour la vie végétale, de changements brusques de température.

C'est un fait universellement connu que le dégel rapide d'organes végétaux gelés, c'est-à-dire un changement brusque de température

[1]) Voyez: *Bot. Zeitung*, 1854, p. 202.

aux environs de 0°, entraîne ordinairement la mort de ces parties. M. Karsten, se fondant sur ce fait, a énoncé la proposition suivante [1]: „Les variations de température subites et fortes sont nuisibles aux plantes et peuvent les rendre malades ou les tuer, même à des degrés de l'échelle qui, en eux-mêmes, ne font courir aucun danger à la santé ou à la vie des plantes."

La loi générale ainsi formulée, bien que n'ayant reçu aucune démonstration, a trouvé accès dans plusieurs Traités élémentaires, et la mort par congélation se trouve toujours citée pour exemple. Mais il est évidemment illogique de vouloir tirer, des phénomènes observés lors du dégel rapide, des conclusions relativement à l'influence des changements brusques de température en général. Il m'a donc paru utile d'éclaircir ce point expérimentalement.

Le plus grand changement de température qu'une plante puisse subir, entre la limite supérieure de sa vie et le point de congélation de ses sucs, est, pour la plupart des Phanérogames, de de 0—50° dans l'air et de 0—44° dans l'eau, puisque, le plus souvent, la limite de la vie n'est elle-même située qu'un peu plus haut. Par conséquent, si l'on maintient une plante à 0° jusqu'à ce qu'elle ait pris cette température, et qu'on la transporte ensuite dans de l'eau à 44° ou de l'air à 50°, le résultat de cette expérience décidera si les changements brusques de température sont nuisibles ou non. Dans l'air, le changement sera plus grand, mais moins rapide, vu que, au moment de l'introduction de la plante dans l'enceinte chauffée, celle-ci se refroidit, par suite de l'air chaud qui s'en échappe et de l'air froid qui y pénètre. En outre, l'air n'ayant qu'une très faible capacité calorifique, il se refroidira d'une manière appréciable en cédant de la chaleur à la plante. Dans l'eau, la variation est plus petite, mais plus brusque, parce que l'immersion de la plante froide n'abaisse pas sensiblement la température du bain chaud, quand celui-ci présente un volume un peu considérable. Pour ce motif, j'ai donné la préférence à la seconde méthode, par

1) *Bot. Zeitung*, 1861, p. 289; Pogg. *Annalen*, t. 115, p. 159.

laquelle j'ai étudié plusieurs espèces. Pour que l'influence morbifique supposée par M. Karsten pût mieux s'accuser, le changement brusque de température a toujours été répété plusieurs fois.

I. Des plantes croissant depuis longtemps en pots furent soumises à l'expérience suivante — après que les pots, qui devaient rester retournés durant l'expérience, eurent été pourvus d'un couvercle composé de deux moitiés et solidement fixé: Les tiges feuillées des plantes annuelles ou les feuilles radicales des espèces vivaces étaient d'abord maintenues pendant 4 minutes dans de l'eau à 43—44°, et ensuite plongées subitement dans de l'eau ramenée à 0° par de la glace fondante. Après y être restées pendant 4 minutes et avoir pris par conséquent la température 0°, elles étaient de nouveau immergées subitement dans l'eau à 43—44°, puis l'opération tout entière était répétée une seconde fois; la température de l'air était de 19°. Les variations successives étaient donc: 1e. 19—44°, 2e. 44—0°, 3e. 0—44°, 4e. 44—0°, 5e. 0—44°, 6e. 44—19°. Les plantes ainsi étudiées étaient les suivantes:

A. Tiges feuillées: *Iberis umbellata*, *Agrostemma Githago*, *Phaseolus vulgaris*, *Ph. haematocarpus*, *Pisum sativum*, *Lathyrus odoratus*, *Cytisus Laburnum*, *Lamium purpureum* (en fleur), *Vinca minor*, *Cannabis sativa*, *Secale Cereale*, *Zea Maïs*.

B. Feuilles radicales: *Aquilegia vulgaris*, *Fragaria* sp., *Funkia japonica*, *Iris sambucina*, *I. florentina*, *Anthericum ramosum*.

Pendant l'expérience, immédiatement après, et dans les semaines suivantes, jusqu'au moment où les observations furent arrêtées, les plantes restèrent vigoureuses et bien portantes. Aucune action nuisible n'a donc pu être constatée.

II. Les racines des plantes terrestres suivantes, cultivées dans l'eau, avec exclusion de terre, furent soumises à la même expérience que ci-dessus, sous le numéro I:

Phaseolus vulgaris, *Agrostemma Githago*, *Secale Cereale*.

Il ne se manifesta de nouveau aucun changement dans la croissance normale des plantes, ni dans les premiers moments après l'opération, ni dans les deux semaines qui suivirent.

III. Des branches des plantes aquatiques suivantes furent traitées de la même manière:

Myriophyllum spicatum, *Ceratophyllum submersum*, *Potamogeton crispus*, *P. perfoliatus*.

Plus d'une semaine après, elles étaient parfaitement saines, et l'examen microscopique lui-même n'y dévoilait aucune modification.

IV. *Hydrodictyon utriculatum* (exemplaires jeunes), *Oedogonium* et *Spirogyra* subirent le même traitement, avec cette différence, que la température de l'eau chaude n'était plus que de 40° chaque fois. Quatre jours après l'expérience, les plantes ayant été exposées à la lumière solaire, *l'Hydrodictyon* et *l'Oedogonium*, dégagèrent de l'oxygène en abondance. Pour le *Spirogyra* le fait ne put être constaté, attendu que ses filaments étaient relativement peu nombreux et entremêlés avec les autres; toutefois, même au bout d'une semaine, ils se montraient, sous le microscope, frais et turgescents, de même que ceux des deux autres espèces.

Ces recherches conduisent toutes à la conclusion, que les changements de température, quelque grands et rapides qu'ils soient, pourvu qu'ils restent en dessous de la limite supérieure trouvée pour les vie, et au-dessus du point de congélation, n'ont directement pas d'influence nuisible sur la vie des plantes. La loi de M. Karsten, rappelée ci-dessus, se trouve donc réfutée par mes recherches.

IV. Influence des changements rapides de température sur les mouvements du protoplasma.

Il résulte des recherches de M. Hofmeister [1]) que l'échauffement ou le refroidissement rapides de cellules végétales dont le protoplasma est en mouvement, peut occasionner la cessation de ce mouvement, même dans le cas où l'échauffement ou le refroidissement lents, jusqu'aux mêmes degrés, ne produiraient pas un pareil arrêt. Ce résultat rend probable que des variations de température moins rapides donneront lieu, non à un arrêt, mais à un ralentissement des mouvements protoplasmatiques. La grande irrégularité du mouvement dans les poils

[1]) Hofmeister, *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867, p. 53—55.

des plantes terrestres empêchait de chercher chez celles-ci la solution expérimentale du problème; mais, avec les poils radicaux de *l'Hydrocharis Morsus Ranae*, je réussis à mettre le ralentissement du mouvement en évidence. Un fragment de racine étant placé dans l'eau, entre la lame porte-objet et un autre verre luté sur le premier, on nota un de ses poils, et on s'arrangea de manière à pouvoir retrouver promptement ce poil sous le microscope, à l'aide d'une position déterminée donnée à la coulisse de la platine; après quoi on mesura la vitesse du mouvement à la température de l'appartement. L'objet, toujours placé entre les deux lames de verre, fut ensuite porté dans de l'eau chaude, où on le tint tout près du réservoir d'un thermomètre qui indiquait la température de l'eau. Au bout de quelques minutes, le porte-objet fut rapidement essuyé, puis on détermina de nouveau la vitesse du mouvement. Lorsque la préparation eut pris la température de l'appartement et que la vitesse initiale se fut rétablie, on effectua un second échauffement, puis encore un troisième. [1]) Je trouvai ainsi:

Dans un premier poil:

à la température de	21°,7	—	1 mm.	était	parcouru	en	205	sec.
après échauff. à	28°,2	—	„	„	„	„	226	„
„ „ „	33°,0	—	„	„	„	„	240	„

Dans un second poil:

à la température de	20°,8	—	1 mm.	était	parcouru	en	164	„
après échauff. à	27°,1	—	„	„	„	„	203	„
„ „ „	34°,0	—	le mouvement s'arrêtait.					

Dans un troisième poil:

à la température de	20°,8	—	1 mm.	était	parcouru	en	99	„
après échauff. à	24°,3	—	„	„	„	„	126	„
„ „ „	33°,1	—	le mouvement s'arrêtait.					

[1]) Les nombres donnés sont des moyennes; ils ont été calculés d'après l'observation du temps que des granulations, situées tout près des parois du protoplasma, mettaient à parcourir 1 division d'un micromètre oculaire (= $\frac{1}{32}$ mm. de l'objet) sous un grossissement de 320 fois.

On voit que le mouvement éprouve un ralentissement d'autant plus considérable, que la variation de température comprend un plus grand nombre de degrés.

J'ai aussi constaté un pareil ralentissement lorsque les poils radicaux sont refroidis rapidement. Des poils, dans lesquels le mouvement avait à la température de 22°,0 une vitesse moyenne de 1 mm. en 174 sec., ayant été portés lentement à 28°,4, — ce qui avait accru la vitesse, — puis refroidis rapidement à 22°,0, ne montrèrent plus qu'une vitesse de 1 mm. en 198 sec. Après échauffement lent à 40° et refroidissement brusque à 22°,0, on trouva: 1 mm. en 230 sec.; après refroidissement de 42°,5 à 22°,0, le mouvement s'arrêta.

V. Influence de la température sur l'imbibition des parois des cellules vivantes.

A peu d'exceptions près, le mouvement des sucs dans les plantes se fait toujours par osmose et imbibition. La vitesse de ce mouvement doit donc augmenter avec l'accroissement de la température, si cet accroissement favorise les deux phénomènes en question. Pour l'imbibition, le fait, bien que très probable, n'était pas encore prouvé, ce qui m'a engagé à faire quelques expériences concernant l'influence de la température sur l'imbibition des parois des cellules vivantes. Les questions que je me suis surtout proposé de résoudre étaient les deux suivantes: 1°. comment le maximum de la proportion d'eau dans les parois cellulaires dépend-il de la température? 2°. les mouvements d'imbibition augmentent-ils de vitesse lorsque la température s'élève?

Voici la méthode d'après laquelle j'ai opéré.

Dans les entre-nœuds qui croissent vigoureusement, le parenchyme possède, comme l'on sait, une tendance à s'allonger, mais il est empêché d'obéir à cette tendance par l'épiderme. Cette action réciproque a pour effet que chaque ruban d'épiderme, garni de parenchyme, qu'on enlève d'un pareil entre-nœud, prend une courbure dans laquelle le parenchyme occupe le côté convexe. Ce parenchyme n'est pas saturé d'eau: il peut en absorber une nouvelle quantité, ce qui augmente sa longueur et, par suite,

la courbure du ruban. Il n'est pas rare de voir de semblables rubans s'enrouler en hélice, lorsqu'ils sont plongés dans l'eau ou dans une dissolution saline très étendue. La quantité d'eau absorbée par l'épiderme lui-même est très faible. Les recherches de M. Hofmeister ont montré [1]) que la cause de ce changement de tension réside exclusivement dans les parois cellulaires, et que la tension du contenu des cellules est sans influence sur la forme du tissu considéré dans son entier. L'enroulement en hélice des rubans est donc le résultat de l'imbibition de l'eau dans les parois des cellules du parenchyme, et toute cause qui vient à modifier cette imbibition, se manifestera par un changement dans les tours de spire. Cette méthode ne permet pas une détermination absolue de l'allongement du parenchyme, mais, par contre, elle est propre à mettre en évidence de très petites différences. Les détails de la méthode varient suivant la nature du problème qu'il s'agit de résoudre.

Dans l'examen de la question: si les parois des cellules vivantes peuvent contenir plus d'eau, ou moins d'eau, à une température plus élevée qu'à une température plus basse, on est arrêté par cette circonstance, qu'il est très difficile, et peut-être impossible, de faire absorber son maximum d'eau à une paroi de cellule vivante. En effet, lorsqu'un tissu, placé dans de l'eau d'une température déterminée, a cessé d'en absorber d'une manière visible à l'œil, il ne s'ensuit pas encore qu'il contienne toute la proportion d'eau qu'il pourrait contenir à cette température; — de même qu'une dissolution saline n'est pas saturée, par cela seul que, se trouvant en contact avec un excès du sel à l'état solide, elle n'en dissout plus en quantité appréciable. J'ai donc dû me contenter d'observer les parois cellulaires dans l'état où elles renferment toute l'eau qu'elles sont capables d'absorber à la température existante.

I. Un ruban de parenchyme, avec épiderme, d'un jeune entre-nœud de tige de *Valeriana officinalis* forma en 15 heures, dans

---

1) Hofmeister, < *Flora*, 1862, p. 508.

l'eau à 15°, trois tours de spire, après quoi il ne changea plus, pendant 6 heures, dans cette même eau à 15°. Dans l'eau à 43° sa courbure augmenta, en 1 heure de temps, de manière que le bout libre (l'autre était fixé) avança de 3 mm. Un séjour ultérieur de 12 heures dans de l'eau à 15° ne lui fit pas perdre cet excès de courbure.

II. Un ruban analogue, placé dans de l'eau à 20°, avait cessé de se contourner au bout de 5 heures; mais ensuite, dans de l'eau à 44°, il forma encore, en 10 minutes, un demi-tour supplémentaire; dans l'eau froide il ne se déroula pas. La même chose fut observée sur d'autres rubans.

III. Des rubans d'épiderme et de parenchyme de jeunes entre-nœuds de: *Taraxacum officinale*, *Oenanthe fistulosa*, *Silaus tenuifolius*, *Stachys setifera* et *Veronica Buxbaumii*, après être restés pendant 12 heures dans de l'eau à 20°, ne montrèrent plus aucun accroissement de courbure, à cette température, pendant les 5 heures suivantes. Tenus pendant 1 heure dans de l'eau à 40°, ils prirent tous un surcroît d'enroulement; reportés ensuite dans de l'eau à 20°, ils conservèrent la forme acquise.

On voit que, dans tous ces cas, les parois des cellules s'imbibent plus à une température élevée qu'à une température plus basse; mais que l'eau, une fois absorbée, ne se dégage plus par un refroidissement subséquent.

Pour la solution de la seconde des deux questions que je m'étais posées, il y avait à tenir compte des résultats suivants d'une étude préliminaire: 1°. La rapidité avec laquelle le liquide s'imbibe est d'autant plus grande que le tissu est plus éloigné du point de saturation. 2°. Plus un ruban est large, moins il forme, dans les mêmes conditions, de tours de spire: les rubans comparés étant d'ailleurs supposés de même longueur et pris sur le même entre-nœud. 3°. Sauf dans le cas où l'on opère sur des parties extrêmement jeunes, le nombre des tours de spire est, *cœteris paribus*, d'autant plus petit que la partie étudiée est plus âgée. 4°. Dans les dissolutions salines le parenchyme s'allonge également, mais d'autant moins que la dissolution est plus

concentrée. Dans des dissolutions trop concentrées, les parois cellulaires perdent de nouveau l'eau qu'elles avaient d'abord absorbée.

Les rubans destinés à des expériences comparatives doivent donc avoir la même largeur, être pris sur le même entre-nœud, à la même hauteur, et être mis en expérience pendant des temps égaux. Pour éliminer les différences individuelles, il est bon aussi d'employer les moyennes ou les sommes; j'ai toujours donné la préférence à ces dernières, qui, lorsqu'on prend les précautions nécessaires, méritent le même degré de confiance.

De ce qui précède on peut déduire deux méthodes propres à faire connaître l'influence de la température sur la rapidité avec laquelle les parois des cellules s'imbibent dans l'eau ou dans des dissolutions salines: 1°. On compare des rubans égaux et pris sur le même entre-nœud, qui s'imbibent à des températures différentes. 2°. On n'emploie qu'un seul ruban: on le laisse s'imbiber à une certaine température et, au bout de quelque temps, on détermine la vitesse d'absorption de l'eau, par exemple, la quantité d'allongement en une demi-heure; ensuite on porte le ruban dans de l'eau d'une température plus élevée ou plus basse et, après une demi-heure, on constate si l'allongement a été plus grand que dans la demi-heure précédente. Si tel est le cas, on peut en conclure avec certitude — vu que la vitesse à température constante diminue de plus en plus — que la vitesse a été plus considérable à la température employée en dernier lieu qu'à celle employée en commençant. J'ai toujours fait usage des deux méthodes à la fois.

Renvoyant pour l'ensemble des expériences à mon Mémoire original, j'en communiquerai ici une seule série, afin de faire connaître plus en détail la manière de procéder.

De jeunes fragments de tiges de différentes espèces furent étudiés selon les deux méthodes. Les résultats obtenus par la première sont compris dans le tableau suivant. De chaque espèce de plantes, cinq jeunes parties de tige furent coupées à une longueur de 100 mm. et fendues chacune en trois rubans égaux. Les trois

séries de cinq rubans furent alors immergées, pour s'imbiber, dans de l'eau à trois températures différentes: un des rubans de chaque entre-nœud fut ainsi étudié à la température de 40°, un autre à la température de 21° et le troisième à la température de 1°. Les rubans restaient dans l'eau pendant une heure; on comptait les tours de spire, d'abord immédiatement avant l'introduction dans l'eau, puis après une ½ heure et 1 heure d'immersion.

Dans le tableau, le chiffre placé devant le signe — indique le nombre de tours de spire entiers, le chiffre placé après, le nombre de huitièmes de tour; c'est ainsi, par exemple, que 1—3 signifie $1\frac{3}{8}$ tour de spire.

	Avant.			Après ½ heure.			Après 1 heure.		
Température:	40°	21°	1°	40°	21°	1°	40°	21°	1°
Taraxacum officinale..	1—0	1—3	2—1	28—1	23—1	20—5	31—5	26—2	21—6
Stachys excelsa.....	1—5	1—5	1—6	15—2	13—0	8—7	16—2	14—2	10—1
Veronica Buxbaumii..	0	0	0	18—1	17—2	16—2	18—1	17—7	16—7
Althæa officinalis.....	0—5	0—3	0—3	24—7	21—6	19—1			21—3
Cirsium tuberosum...		3—0	1—2		21—2	12—7			14—7
Chenopodium Quinoa.		1—6	1—1		27—0	16—0			21—4

Pour l'examen par la seconde méthode, des rubans qui étaient restés pendant une heure dans de l'eau à 21° furent portés dans de l'eau à 40°, et d'autres qui avaient été tenus pendant une heure dans de l'eau à 1° furent introduits dans de l'eau à 21°. Les chiffres du tableau suivant représentent, comme ceux du précédent, les sommes des tours de spire de cinq rubans, longs chacun de 100 mm. La colonne D—C donne l'allongement dans la deuxième demi-heure, la colonne E—D celui dans la troisième demi-heure, par conséquent après le changement de température.

ESPÈCES.	TEMPÉRATURE de la première heure. A.	TEMPÉRATURE de la dernière demi-heure. B.	TOURS DE SPIRE APRÈS: ½ heure. C.	1 heure. D.	1½ heure. E.	D—C.	E—D.
Cirsium tuberosum.....	21°	40°	21—2	22—2	24—7	1—0	2—5
Althæa officinalis.....	21	40	21—6	23—0	25—7	1—2	2—7
Taraxacum officinale....	21	40	23—1	26—2	31—0	3—1	4—6
Stachys excelsa.....	21	40	13—0	14—2	16—6	1—2	2—4
Veronica Buxbaumii....	21	40	17—2	17—7	19—2	0—5	1—3
Chenopodium Quinoa...	21	40	27—0	30—3	34—0	3—3	3—5
Cirsium tuberosum.....	1	21	12—7	14—7	17—0	2—0	2—1
Althæa officinalis.....	1	21	19—1	21—3	24—3	2—2	3—0
Taraxacum officinale....	1	21	20—5	21—6	26—0	1—1	4—2
Stachys excelsa.....	1	21	8—7	10—1	12—0	1—2	1—7
Veronica Buxbaumii....	1	21	16—2	16—7	17—7	0—5	1—0
Chenopodium Quinoa...	1	21	16—0	21—4	26—1	5—4	4—5

Les deux tableaux montrent très clairement que, dans toutes les espèces étudiées, la vitesse d'imbibition est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Les résultats qui se déduisent des expériences rapportées et de toutes les autres sont les suivants:

Les parois des cellules (vivantes) renferment, à l'état de saturation, d'autant plus d'eau que la saturation a eu lieu à une température plus élevée.

Les parois des cellules absorbent l'eau et les dissolutions salines étendues avec d'autant plus de rapidité que la température est plus élevée.

Les parois des cellules cèdent leur eau d'imbibition aux agents de déshydratation avec d'autant plus de rapidité que la température est plus élevée.

Une conséquence directe des deux derniers résultats est que:

Les perturbations locales de l'état d'équilibre de l'eau d'imbi-

bition dans un système de parois cellulaires s'effacent d'autant plus rapidement que la température est plus élevée.

D'après cela, il est très probable aussi que les perturbations locales de l'état d'équilibre des matières dissoutes dans le liquide d'imbibition s'effaceront plus rapidement à une température plus élevée qu'à une température plus basse.

VI. Influence de la température sur la rapidité de la germination.

La relation entre la germination et la température a été étudiée jusqu'ici par trois méthodes différentes: 1°. On a déterminé le temps qui est nécessaire à la radicule pour percer l'épisperme. 2°. On a mesuré la longueur que la radicule et la plumule atteignent en un temps fixé. 3°. On a observé le temps nécessaire pour le déploiement complet des parties du germe.

J'ai fait l'application de la seconde de ces méthodes, — que M. Sachs [1]) a employée le premier, — à la germination d'un certain nombre d'espèces. Les graines étaient placées dans l'appareil de chauffage décrit par M. Sachs, et y germaient à une température constante, choisie à volonté. Au bout de 48 heures elles étaient retirées de l'appareil, et on mesurait la longueur de leur radicule. Les deux tableaux suivants donnent les moyennes des valeurs ainsi trouvées; on a pris pour longueur de la radicule la distance entre son extrémité et le point où sont insérés les cotylédons.

	Longueur (en mm.) atteinte par la radicule en 48 heures (en 2 × 48 h. pour les tempér. de 15° et de 21°,2).								
	15,0°	21,2°	26,8°	29,0°	31,5°	34,0°	37,0°	38,6°	42,5°
Phaseolus vulgaris.....	8,3	31,1		21,1	32,0	22,0	17,0	13,5	2,0
Helianthus annuus.....	15,6	56,6	25,3	30,3	37,9	34,4	18,0	9,9	0
Brassica Napus	8,0	27,0	8,7	11,8	16,2	5,3	0	0	0
Cannabis sativa.....	4,8	24,2	6,0	16,2	25,5	15,0	12,5	7,5	1,5

[1]) Sachs, *Physiol. Unters. üb. die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur.* < Pringsheim's *Jahrb.*, II, 1860, p. 338.

	Longueur (en mm.) atteinte par la radicule en 48 heures.					
	15,1°	21,6°	27,4°	30,6°	33,9°	37,2°
Cucumis Melo			18,2	27,1	38,6	70,3
Sinapis alba	3,8	24,9	52,0	44,1	30,2	10,0
Lepidium sativum	5,9	38,0	71,9	44,6	26,9	0
Linum usitatissimum	1,5	20,5	44,8	39,9	28,1	9,2

Ces deux tableaux confirment le résultat déjà obtenu par M. Sachs, savoir, qu'il y a pour chaque espèce un point d'élection (*optimum*), où la croissance se fait avec plus de rapidité qu'à toute autre température, et qu'au-dessous de ce point la longueur atteinte augmente à mesure que la température s'élève, tandis qu'au-dessus, elle diminue à mesure que la température monte.

La comparaison du second de ces tableaux avec les résultats obtenus par M. A. De Candolle [1]), d'après la première des trois méthodes rappelées, montre que le point d'élection, pour le *Cucumis Melo*, est situé, d'après la méthode de De Candolle, à 25°, et, d'après la méthode de Sachs, vers 37°,2 ou même au-dessus. Chez les trois autres plantes, ce point se trouve à 21° suivant M. De Candolle, et à 27°,4 d'après mes expériences. Chez toutes, par conséquent, la température qui convient le mieux dans les conditions choisies par M. Sachs, est plus élevée que celle qui favorise le plus la première apparition de la radicule à l'extérieur.

---

[1]) A. De Candolle, *De la germination etc.*, < *Bibl. univ. de Genève*, 1865, XXIV, p. 243.

QUELQUES OBSERVATIONS

SUR LA

SPLANCHNOLOGIE DU RHINOCHAETES JUBATUS, VER. ET DESM.,

PAR

W. MARSHALL.

Un des oiseaux les plus intéressants qui aient été découverts dans ces derniers temps est, sans contredit, le *Rhinochaetus jubatus*.

La position systématique de cet oiseau ne semble plus guère douteuse, surtout depuis que M. Parker nous a fait connaître son ostéologie dans une superbe monographie [1]; mais il ne sera peut-être pas sans utilité de communiquer quelques détails sur la structure de ses viscères, en prenant pour terme de comparaison les données qu'on possède sur les mêmes organes chez d'autres Echassiers et Cigognes (au sens de L. Bonaparte et de V. Carus).

L'individu dont j'ai eu l'occasion d'examiner le tronc à l'état frais, était mort au Jardin zoologique d'Amsterdam, et sa dépouille montée se voit aujourd'hui dans le musée — peu considérable par l'étendue mais riche en objets précieux — qui est annexé à cet établissement.

La langue, qui est presque entièrement cornée, diffère par sa forme de la langue triangulaire — aiguë, propre, en général, aux autres Echassiers et Cigognes; elle est cochléariforme, étranglée

---

1) W. Parker, *On the Osteology of the Kagu* (Rh. jubatus), dans: *Transactions of Zool. Soc. of London*, vol. VI, p. 501, 1869.

en arrière du milieu, excavée; il n'y a pas de papilles à son bord postérieur, mais seulement, à peu de distance en avant, une élévation arrondie, de grandeur médiocre. L'os hyoïde se compose de six pièces, dont deux forment la partie médiane, tandis que deux autres, de chaque côté, constituent les cornes de l'os. La pièce antérieure, impaire, qui est composée des os entoglosses (*connate ceratohyal*, Parker) ici soudés ensemble, est lancéolée, imitant en petit la forme de la langue, non entièrement ossifiée, mais cartilagineuse à la partie antérieure. Au milieu elle est pourvue d'un trou, et dans ce trou joue une apophyse assez longue, garnie de facettes articulaires sur les côtés de la seconde pièce impaire, du basi-hyal (Geoffroy), de sorte que la langue peut se mouvoir avec beaucoup de liberté. Au-dessus de ce point se trouve l'élévation de la langue dont il a été parlé plus haut, et cette élévation est creuse à l'intérieur, de manière que l'apophyse y pénètre quand la langue elle-même se meut. L'uro-hyal est ici un appendice cartilagineux du basi-hyal. Les cornes de l'hyoïde, qui s'articulent également, bien qu'avec peu de mobilité, sur le basi-hyal, se composent chacune de deux pièces, une antérieure, plus grande, cylindrique (*proximal thyrohyal*, Parker), et une postérieure, conique (*distal thyrohyal*, Parker), qui se courbe en dedans et en dessus; entre les deux pièces osseuses de chaque corne se trouve une masse cartilagineuse considérable, qui est plus épaisse que les os mêmes.

La longueur de l'os entoglosse est	=	15	mm.
„ „ „ { basi-hyal / uro-hyal } „	=	26	„
„ „ „ la partie antér. de la corne est	=	29	„
„ „ „ „ „ postér. „ „ „ „	=	20	„

L'œsophage, qui n'est pas très large et qui est garni à l'intérieur de plis prononcés, n'a pas de jabot; mais, quand on le remplit avec de l'eau, il se montre susceptible d'une forte dilatation, comme dans les genres *Haematopus*, *Ardea* et *Grus*.

Le ventricule succenturié se divise en deux parties; dans la partie antérieure se trouvent les follicules, qui n'atteignent

pas une très grande dimension, tout au plus 2 mm., et qui ne sont pas divisés. Entre cette région à follicules, large de 30 mm., et le cardia de l'estomac proprement dit, se voit une zone, large de 15 mm., qui est dépourvue de glandes. C'est là une particularité que je n'ai jamais observée moi-même chez d'autres Echassiers ou Cigognes, et dont l'existence dans ces familles n'est aussi mentionnée par aucun des ouvrages que j'ai à ma disposition. Le ventricule succenturié n'est pas étranglé du côté du gésier, mais se continue avec lui en s'élargissant successivement; à l'intérieur, le cardia est nettement accusé par l'épithélium du gésier.

Tantôt le gésier des Echassiers se présente comme une poche plus ou moins membraneuse, à parois faiblement développées (le degré extrême se voit dans *l'Otis*), et alors les deux puissants disques tendineux sont situés en avant et en arrière; tantôt il montre une structure analogue à celle de l'estomac des Coqs, des Canards, etc., et dans ce cas les couches musculaires sont souvent très considérables, et les disques tendineux se rapprochent plus des côtés de l'estomac (par exemple, chez les *Tringa*, *Grus*, *Gallinula*). Chez les Cigognes l'estomac est membraneux, à portion pylorique souvent distincte du reste. Le *Rh. jubatus* a un estomac membraneux, faiblement développé, presque semblable à celui de l'Outarde, mais pourvu à l'intérieur d'une couche épithéliale beaucoup plus épaisse, de couleur foncée. La longueur du conduit digestif, depuis la pointe de la langue jusqu'au pylore, est de 232 mm.

Dans l'intestin grêle se trouvent, comme chez les *Tringa*, les *Haematopus* et d'autres genres, des plis disposés en zigzag, entre lesquels on voit des villosités extrêmement fines.

Au point où l'intestin grêle s'abouche avec le gros intestin, il existe deux cœcums terminés en pointe, remarquablement petits pour un oiseau de cette famille: ils n'ont que 18 mm., c'est-à-dire une longueur qui est à celle du canal intestinal entier environ comme 1 : 50, tandis que chez les *Tringa*, par exemple, ce rapport est de 1 : 11. Dans les *Haematopus* (bien que ces appendices n'y aient pas 6 pouces de longueur, comme le dit Meckel, mais

seulement 3 p. et demi), et surtout dans les *Fulica*, *Gallinula* et *Otis*, les cœcums se montrent beaucoup plus développés.

Le gros intestin est long de 93 mm. et a un volume quatre fois plus considérable que celui de l'intestin grêle : sa circonférence mesure 20 mm.; à l'intérieur il est lisse, de même que les cœcums.

Le cloaque ne présente rien de remarquable.

La longueur totale du canal intestinal, depuis le pylore jusqu'à l'anus, est de 660 mm.

Le diverticulum qui, d'après Stannius [1]), se trouve presque constamment dans les *Rallus*, *Numenius*, *Crex*, *Limosa*, *Tringa* et *Gallinula*, — ce que je puis confirmer pour ce qui regarde les trois derniers de ces genres, — et qui chez les *Grus* et les *Ardea* se rencontre au moins très fréquemment, manque totalement chez notre oiseau.

Je ne puis rien dire au sujet des glandes de la tête et de la cavité buccale, attendu que l'animal, comme je l'ai déjà fait connaître, devait être empaillé.

Les grandes glandes de l'abdomen présentent des particularités intéressantes.

Le pancréas, de couleur rougeâtre, se compose de deux glandes entièrement séparées, entre lesquelles il m'a été impossible de découvrir la moindre connexion. Le lobe supérieur est à peu près de la longueur de la première anse intestinale, savoir de 51 mm., et montre au côté droit un court conduit pancréatique. Le lobe inférieur est d'un quart plus long que le supérieur et se continue, du côté gauche, avec deux conduits pancréatiques assez longs. Le premier des trois conduits débouche dans l'intestin à 54 mm. au dessus du deuxième, et celui-ci à 13 mm. au-dessus du troisième. Le pancréas est simple, d'après M. Stannius [2]), chez les *Ciconia;* dans le genre *Otis* il est composé de deux lobes continus; chez les *Grus* et les *Oedicnemus* il est double.

Chez les Echassiers et les Cigognes le foie affecte presque

---

1) Stannius, *Lehrbuch d. vergl. Anat. d. Wirbelth.*, 1e éd., 1846, p. 302.
2) *l. c.*, p. 305.

toujours la disposition ordinaire aux Oiseaux, c'est-à-dire que le lobe droit y surpasse d'une manière notable, et souvent même d'une manière considérable, le lobe gauche; une exception singulière se rencontre toutefois chez le *Ciconia alba* et surtout, d'après Nitsch, chez le *Charadrius:* chez le premier, les deux lobes sont d'égale grandeur, et chez le second, c'est même le lobe gauche qui prédomine. L'oiseau dont nous nous occupons ici m'a offert le même rapport: le volume du lobe gauche du foie surpassait de plus d'un tiers celui du lobe droit.

La vésicule biliaire manquait, ce qui toutefois peut être une anomalie individuelle, telle qu'on la rencontre assez fréquemment. C'est ainsi que Collins [1]) n'a pas trouvé de vésicule chez une Grue, Perrault [2]) chez deux des six individus d'*Anthropoides virgo* qu'il avait examinés, Blumenbach [3]) chez un Coq, et moi-même, différentes fois, chez des Corbeaux et des Geais; du reste, dans l'Homme lui-même [4]), l'autopsie a fait constater plus d'une fois l'absence de la vésicule. Les conduits hépato-entériques débouchaient dans l'intestin au côté opposé à celui où arrivaient les deux derniers conduits pancréatiques, et ils alternaient avec ceux-ci.

La rate, qui dans *l'Otis* est très petite, a ici une longueur de 25 mm., ce qui est considérable pour un Oiseau; elle est en forme de fève et de couleur rouge clair.

Les reins sont trilobés de chaque côté; les testicules sont petits et d'un noir brillant.

Au larynx supérieur manque complétement l'épiglotte rudimentaire, et les papilles de la fente de la glotte ne sont aussi que peu développées. A la face interne de la pièce antérieure et principale du cartilage thyréoïde se trouve, de même par exemple que chez la Grue, une saillie qui avance dans la cavité laryngienne.

La trachée est plus aplatie par devant que par derrière; ses anneaux cartilagineux, — qui chez les *Otis*, par exemple, alter-

---

[1]) Collins, *A system of anatomy*, 1685, t. I, p. 456.

[2]) Perrault, dans les *Mém. de l'Ac. des Sc. dep.* 1666—1699, t. II, p. 323.

[3]) Blumenbach, *Handb. d. vergl. Anat.*, 1805, p. 182.

[4]) Meckel, *Handb. d. menschl. Anat.*, t. IV, p. 359.

nent sous le rapport de la hauteur, de telle sorte que, si l'un d'eux est plus haut à droite et plus bas à gauche, c'est le contraire qu'on observe chez le précédent et le suivant, — sont partout de même hauteur et fermés sur toute l'étendue de la trachée. Aux bronches (qui chez les *Ciconia* par exemple sont également formées d'anneaux), on trouve au lieu d'anneaux des tiges, qui sont unies en arrière par une membrane tympaniforme interne très large; le diamètre intérieur de chacune des bronches est plus grand que celui de la trachée dans sa partie inférieure. Au larynx inférieur il n'y a pas de tambour proprement dit, et la traverse est faiblement cartilagineuse. On trouve ici, comme chez les *Ardea*, les *Rallus* et la plupart des autres Echassiers et Cigognes, deux paires de muscles, savoir, les muscles sterno-trachéaux et broncho-trachéaux; ces derniers toutefois ne s'insèrent pas, comme chez les *Ardea*, à l'extrémité supérieure des bronches, mais au dernier cartilage de la trachée; ces muscles sont d'ailleurs faiblement développés.

En ce qui concerne le système vasculaire, je mentionnerai seulement que chaque artère innominée donne naissance à une carotide primitive.

On voit, par les faits qui précèdent, que chez cet oiseau le système viscéral aussi présente des particularités qui se rencontrent, en partie chez les Echassiers, en partie chez les Cigognes: c'est ainsi, par exemple, que l'estomac, organe dont la forme et la structure dépendent en première ligne du genre de vie, a chez le *Rh. jubatus* la forme de poche et la consistance membraneuse, comme chez les Ardéidés, tandis que chez les Gruidés il est toujours très musculeux. D'un autre côté, et bien qu'il ne faille pas attacher trop d'importance à ce fait, il est remarquable que le caractère particulier du foie ne se retrouve que chez un seul oiseau de l'ordre des Echassiers, chez le *Charadrius*.

En tout cas, ces divers faits ne sont nullement contraires à l'opinion de M. Parker [1]), fondée sur l'ostéologie de l'oiseau,

1) *l. c.*, p. 502 et 520.

savoir, que le *Rh. jubatus* est en quelque sorte une Grue „généralisée" et que, avec l'*Eurypyga*, il se rapproche plus des Nycticoracés, qui font partie des vrais Hérons, que des Grues typiques, lesquelles sont déjà des Echassiers ayant avec les Ardéidés une affinité assez grande. Il paraît convenable de réunir le *Rhinochaetes* et l'*Eurypyga* en un seul genre, à l'exemple de M. V. Carus [1]), et on peut acquiescer pleinement à l'avis de ce savant, qui regarde ce genre comme composé de formes intermédiaires entre les Rales et les Hérons, et comme terminant le mieux, conjointement avec les *Psophia*, la série des Echassiers du côté des Cigognes.

---

[1]) V. Carus, *Handbuch der Zoologie* etc., 1868, t. I., p. 341.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Planche X.)

Fig. 1. *Rhinochaetus jubatus.*

a. Langue; *b.* élévation qu'on voit à sa surface; *c.* fente de la glotte avec la saillie; *d.* papilles; *e.* œsophage avec ses plis. — Grandeur naturelle.

Fig. 2. Même oiseau, os hyoïde.

a. os entoglosses soudés entre eux; *b.* basi-hyal; *c.* uro-hyal cartilagineux; *d.* grande pièce de la corne de l'hyoïde; *e.* petite pièce de la corne de l'hyoïde; *f.* cartilage intermédiaire entre ces deux pièces.

Les parties cartilagineuses ont reçu une teinte foncée. — Grandeur nat.

Fig. 3. Même oiseau.

a. basi-hyal, avec son prolongement *b* (situé sous *b* de la Fig. 1) montrant ses deux facettes articulaires; *c.* facette articulaire pour les cornes; *d.* uro-hyal cartilagineux. — Grandeur nat.

Fig. 4. Même oiseau, paroi antérieure de l'estomac, vue à l'intérieur.

a. œsophage; *b.* portion glandulifère du ventricule succenturié; *c.* zone dépourvue de glandes du même; *d.* gésier; *e.* sa faible paroi musculaire; *f.* son épais épithélium; *g.* pylore. — Grandeur nat.

Fig. 5. *Gallinula chloropus*, estomac.

a. ventricule succenturié; *b. b.* muscles latéraux; *c. c.* muscles intermédiaires; *d.* pylore. — Grandeur nat.

Fig. 6. *Rh. jubatus.*

a. intestin grêle; *b. b.* petits cœcums; *c.* gros intestin. — Grandeur nat.

Fig. 7. *Tringa arenaria*, les mêmes parties, indiquées par les mêmes lettres. — Grandeur nat.

Fig. 8. *Rh. jubatus.*

a. ventricule succenturié; *b.* gésier; *c.* intestin grêle; *d*, *d'*. les deux lobes séparés du pancréas; *e*, *e'*, *e''*. les trois conduits pancréatiques: *f.* le petit lobe droit, et *f'*. le grand lobe gauche du foie; *g*, *g'*. les deux conduits hépato-entériques; *h.* rate. — Grandeur réd. de ⅓.

Fig. 9. Même oiseau, bifurcation de la trachée.

a. muscle sterno-trachéal; *b.* muscle broncho-trachéal. — Grandeur nat.

LEYDE, octobre 1870.

SUR QUELQUES MONSTRUOSITÉS

OBSERVÉES CHEZ DES CRUSTACÉS,

PAR

J. A. HERKLOTS.

Littérature.

Mart. Bernh. a Berniz, Chela *Astaci marini* monstrosa (Obs. C.) et Chela *Astaci marini* monstrosa alia (Obs. C I.), dans *Miscellanea curiosa medico-physica Acad. Naturae Curiosorum, sive Ephemeridum medico-physicarum germanicarum curiosarum Annus secundus, anni scilicet* 1671, p. 174.

J. E. Valentini, Chela *Astaci fluviatilis* tribus apicibus praedita (Obs. CXXVI.), dans *Acta Acad. Caes. Leopold. Carol. Naturae Curiosorum*, t. II, p. 285; 1730.

A. J. Roesel von Rosenhoff, *Monatliche Insekten-Belustigungen*, t. III.

Der Flusskrebs hiesigen Landes, pl. LX et LXI; 1755.

F. Tiedemann, Beschreibung einiger seltnen Thier-missgeburten, dans *Deutsches Archiv für Physiologie*, t. V, p. 127; 1819.

Dr. G. Jaeger, Zwei Beispiele missgebildeter Krebsscheeren, dans Meckel's *Archiv für Anatomie u. Physiologie*, Année 1826, p. 95.

H. Lucas, Notice sur quelques monstruosités observées dans les Crustacés appartenant aux genres *Carcinus*, *Lupa*, *Homarus* et *Astacus*, dans *Annales de la Société entomologique de France*, 2e Série, t. II, p. 41; 1844.

Dr. G. Jaeger, Vergleichende Darstellung der missgebildeten Scheere des gemeinen Flusskrebses (*Astac. fluviatilis*) und der missgebildeten Scheere einer Krabbe (*Cancer uca* L., *Uca una* Latr.) aus Surinam, dans *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Würtemberg*, Année VII, p. 33; 1851.

J. A. Herklots, Notice carcinologique, dans *Dierkundige Bijdragen uitgegeven door het Kon. Zool. Genootschap Natura artis magistra te Amsterdam*, t. I, fasc. 5; 1852.

On n'a fait connaître jusqu'ici qu'un nombre relativement très petit de monstruosités, chez les Crustacés. Von Berniz ouvrit la liste des descripteurs, il y a près de deux siècles, par ses observations sur deux pinces monstrueuses du Homard. Valentin, Roesel, Tiedemann et M. Jaeger décrivirent tous des anomalies de l'Ecrevisse commune. Plus tard, M. Jaeger présenta dans les *Wurtembergische Jahreshefte* un résumé des monstruosités qui lui étaient connues; aux sept cas recueillis par Roesel et Tiedemann et aux deux que lui-même avait déjà publiés antérieurement, il en ajouta encore deux autres; il donna en outre la figure et la description d'une anomalie très compliquée de l'*Uca una* Latr. La Notice de M. Lucas, qui renfermait un exemple observé chez l'Ecrevisse commune, un chez le Homard et deux chez des Crabes, le *Carcinus moenas* Bast. et le *Lupa dicantha* Latr., avait échappé à M. Jaeger.

Dans tous ces cas [1]) la monstruosité portait sur une pince de l'animal. Cette circonstance tient-elle à l'excessive rareté des anomalies dans d'autres parties des Crustacés, ou bien est-elle due à ce que le sujet n'a pas suffisamment attiré l'attention des observateurs? C'est là une question que je dois laisser indécise. Pour ce qui me regarde, je n'ai rencontré jusqu'à présent qu'un seul exemple, offert par le tarse d'une patte de la deuxième paire du *Lithodes arctica* Lam., tandis que je viens d'observer chez des Crabes deux nouveaux cas de pinces monstrueuses, dont je vais donner la description. Les figures (Pl. XI.) qui accompagnent ce travail sont dues à mon ami et collègue M. Snellen van Vollenhoven, auquel j'adresse ici mes sincères remercîments.

L'anomalie dont je parlerai en premier lieu, parce qu'elle est la plus simple, se montre chez une espèce du genre *Xantho* de Leach, en donnant à ce genre l'extension que lui attribuait de Haan, c'est-à-dire en y réunissant les *Xantho* et les *Chlorodius*,

[1]) Roesel parle aussi d'une lésion par suite de laquelle on trouverait au nez de l'Ecrevisse une excroissance particulière ayant une forme monstrueuse. Je ne connais toutefois ni figures ni descriptions d'une semblable déformation.

qui étaient distingués principalement par la conformation des pinces.

Dans les espèces qui composaient le genre *Chlorodius* de Leach, les extrémités des doigts sont élargies et creusées à la pointe, de manière à former en quelque sorte des cuillers.

C'est à ce groupe qu'appartient notre individu, *Xantho punctulatus* de Haan, de la Mer Rouge (Voy. Pl. XI, fig. 1—4).

La main ainsi que le pouce sont constitués d'une manière tout à fait normale; la portion digitale de la main, vue du côté externe, est plus large que d'ordinaire, et elle est bifurquée dans sa moitié antérieure.

Au bord supérieur l'index se courbe en dessus et en dehors, et forme une extrémité moins développée que d'habitude, mais ayant du reste la conformation normale.

Au bord inférieur le doigt donne naissance à la seconde branche. A partir du point où celle-ci se sépare de l'extrémité supérieure, elle se porte en dessous et en dedans, et forme dans cette direction une extrémité également creusée en cuiller, qui est unie presque à angle droit avec la première.

Les dents du doigt immobile se continuent sur l'extrémité supérieure ; l'autre extrémité en est dépourvue. La surface préhensile de la branche inférieure est tournée obliquement en dedans, et tout à fait hors de la portée de celle du pouce; quant à la branche supérieure, sa cuiller n'est que partiellement atteinte par le pouce, à cause de la direction vers l'extérieur que cette branche a prise, bien que les deux cuillers soient situées presque dans le même plan horizontal.

L'impression linéaire inférieure, qui dans la pince normale est parallèle au bord inférieur, se trouve ici placée plus haut, se divise à la bifurcation du doigt et se continue sur chacune des deux branches.

A la face interne de la pince on ne remarque rien d'irrégulier.

Le second exemple de monstruosité (Voy. Pl. XI, fig. 5—8) dont je ferai part ici, concerne un individu d'*Eriphia spinifrons* Herbst, provenant de la Mer Méditerranée; c'est une femelle,

dont la taille [1]) est au-dessous des dimensions ordinaires, mais qui du reste dans toutes ses parties, sauf dans la pince gauche, est conformée absolument selon le type normal.

Chez cette espèce, comme l'on sait, les pinces des deux côtés ne diffèrent pas seulement par la grandeur, mais aussi par la forme des parties et par la sculpture. La plus petite des deux pinces, — qui, sur les huit spécimens de notre Musée, ne se trouve qu'une seule fois au côté droit, — a les doigts plus faibles, plus comprimés latéralement et découpés en dents à leur bord aigu. Des sillons dirigés longitudinalement permettent d'y distinguer differentes parties. Le côté externe de la main montre sur toute sa surface, au lieu des éminences tuberculeuses que la grande pince possède sur sa moitié supérieure, des saillies spiniformes, entre lesquelles sont implantés des poils raides.

Dans notre individu la petite pince se trouve également au côté gauche. Pour ce qui regarde la main et le doigt mobile, la structure et la sculpture ont gardé tout à fait leurs caractères ordinaires; mais la partie antérieure de la main, que l'on désigne sous le nom d'index, présente des anomalies très remarquables.

Au côté inférieur on voit un index un peu raccourci se courber, sous un angle presque droit, vers le bas. Vis-à-vis de cet index se trouve un pouce ayant la conformation habituelle: ces deux parties constituent donc une pince qui fait un angle droit avec l'axe normal de la main. Au-dessus du pouce de cette pince inférieure s'élève un autre pouce, également perpendiculaire à l'axe de la main, mais dirigé vers le haut, et faisant par conséquent un angle droit avec le pouce normal. Entre les deux pouces désignés en dernier lieu se trouvent deux index, ne consistant pour ainsi dire que dans leur partie supérieure, dentée, et unis entre eux par une côte élevée mais étroite, qui résulte de la soudure des portions moyennes et inférieures des deux doigts, et qui est placée obliquement, sous un angle d'environ 45°,

---

[1]) La carapace a 34 mm. de largeur sur 25 mm. de longueur.

relativement à l'axe de la main. Ces doigts sont d'environ un tiers plus petits que l'index de la pince inférieure, et aussi d'un tiers plus petits que ne l'exigerait le rapport avec leurs pouces respectifs. Ils sont arrondis à la pointe.

La main ou, pour mieux dire, la pièce basilaire de la portion digitale de la main, est prolongée pour l'insertion de ces doigts surnuméraires, et la portion médiane de ce prolongement s'étend jusque devant le pouce. La partie intermédiaire entre les pouces les plus divergents et la face d'insertion des index soudés, se dirige obliquement en haut et en arrière jusqu'au-dessous de l'implantation du pouce normal. Au bord inférieur l'insertion de l'index se fait sur un prolongement carré.

Toute la partie surajoutée porte des épines, qui ne sont pas distribuées régulièrement sur la surface, mais entassées sur les pièces basilaires des différents doigts.

Le côté interne de la main, où ces parties surabondantes se distinguent encore mieux, est tout à fait lisse.

Tous les pouces paraissent avoir été libres et mobiles : du moins ils montrent tous les parties articulaires, tubercules et cavités, ordinaires et normales. Si tel a été effectivement le cas, ce qu'il est difficile de décider sur des exemplaires desséchés, le mouvement des doigts de la pince inférieure a été normal ; le mouvement de la pince moyenne n'a pu produire qu'une action restreinte, à cause du peu de développement de l'index ; enfin le pouce supérieur, normal, se mouvait en arrière de son index et ne formait pas avec lui une pince proprement dite. Par contre, les pouces des pinces moyenne et supérieure se rencontraient et se croisaient au bout dans leurs mouvements, et constituaient ainsi une tenaille qui a pu être d'usage à l'animal.

Après avoir décrit ces monstruosités, il ne sera pas tout à fait sans intérêt d'examiner quelle place elles doivent prendre dans la série des formes connues.

M. Jaeger a déjà présenté un aperçu comparatif des anomalies des pinces de l'Ecrevisse commune et de l'*Uca una* Latr., mais,

par suite de l'ignorance où il a été au sujet des observations de M. Lucas, son travail est resté nécessairement incomplet.

Les deux plus anciens auteurs sur cette matière ne sont pas nommés par M. Jaeger. L'un deux, Valentin, rapporte simplement qu'il possédait une pince d'Ecrevisse commune munie de trois extrémités; en l'absence de tout détail descriptif et de toute figure, on doit se borner à prendre note du fait.

Von Berniz au contraire a figuré les deux pinces d'*Astacus marinus* sur lesquelles ont porté ses observations.

Dans son Observation C il représente une pince gauche de *Homarus vulgaris* M. Edw., chargée de différentes productions étrangères; aussi la désigne-t-il comme *chela variis marinis incrustata.* Outre ces tubes de Serpules etc., la pince montre, au bord interne du doigt immobile, deux incisions situées l'une derrière l'autre et divisant le doigt en trois parties. Le pouce a, d'après les indications de von Berniz, deux saillies, qui ressemblent à un nez et à une lèvre supérieure. Ces saillies sont situées à la base du pouce, mais, plus en avant, il y a encore un autre appendice, beaucoup plus grand et plus saillant.

L'impression que donne cet ensemble est, à mon avis, qu'on a affaire au produit d'une lésion externe de l'index, et que la déformation subie par le bord inférieur du pouce résulte de son adaptation au bord supérieur déformé de l'index.

La pince fossile qui fait le sujet de l'Observation C I est simplement figurée; l'auteur n'ajoute pas un seul mot de description, mais renvoie à la planche pour prendre connaissance de l'anomalie. L'examen de cette planche ne me semble toutefois pas suffisant pour donner tous les éclaircissements désirables; l'étude de la pièce originale, si celle-ci existe encore, serait absolument nécessaire. Je me contenterai donc de dire ici que la forme, la brièveté et la terminaison en pointe effilée de l'index, ainsi que ses rapports avec la main et avec le pouce, mettent presque hors de doute qu'il s'agit d'un doigt régénéré, qui à son tour a modifié également la forme et la courbure du pouce.

Dans l'aperçu qui va suivre, je crois donc qu'il vaudra

mieux ne pas tenir compte de ces formes imparfaitement connues. Il suffit de les avoir mentionnées pour mémoire.

M. Jaeger a coordonné les anomalies dont il avait connaissance en une série, dans laquelle le rang est déterminé par la nature de la partie affectée et par le degré de la déformation.

Il commence par les anomalies du pouce, dans lesquelles, à côté du pouce normal, plus ou moins modifié, il existe une branche accessoire, qui reste simple ou bien se subdivise. Des exemples appartenant à cette section se voient, sur la planche de M. Jaeger, dans les figures 1, 2 et 3, cas observés par lui-même, et dans les figures 4 et 5, cas observés par Roesel; ces derniers sont représentés sur les planches LX, f. 29, et LXI, f. 33, des *Insekten Belustigungen.*

La seconde section de notre auteur comprend les anomalies de l'index ou de la partie prolongée de la main, où l'on rencontre, d'après les figures et les descriptions, soit des appendices simples, pointus, à la partie basilaire de l'index: Jaeger fig. 6 = Roesel pl. LXI, fig. 31, et Lucas pl. I, fig. 2, — soit aussi la scission et division de l'index proprement dit: Jaeger, fig. 7, 8 et 9.

A la suite de ces déformations M. Jaeger place celle qui est représentée par sa fig. 10 = Roesel pl. LXI, fig. 32, où l'index se termine par deux extrémités, tandis que vers le milieu du doigt se détache, en direction oblique, une branche assez semblable à la moitié antérieure d'un doigt normal.

Une troisième section est formée par M. Jaeger des anomalies qui atteignent la main proprement dite.

Il y rapporte sa figure 11 = Roesel pl. LX, fig. 28, qui montre sur la face latérale de la main, avant l'origine du doigt immobile, une excroissance divisée en trois branches.

Il place dans la même section l'anomalie de l'*Uca una* Latr., représentée par ses fig. 12 et 13.

Dans cette dernière anomalie toutefois, il me semble qu'on doit reconnaître une rubrique entièrement différente, dont nous avons déjà eu une espèce d'avant-coureur dans le cas des deux extrémités antérieures de l'index représenté par Roesel, fig. 32.

Dans toutes les formes considérées jusqu'ici [1]), nous n'avions affaire, selon ma manière de voir, qu'à de simples appendices, excroissances ou autres productions accessoires purement accidentelles, et il n'y avait pas la moindre apparence d'une multiplication d'organes normaux.

Déjà dans la première anomalie que je viens de décrire, celle du *Xantho*, on voit la manifestation de ce phénomène à un faible degré. Il se montre à un degré plus prononcé dans le cas figuré par M. Lucas, fig. 1, où il existe également un doublement latéral de l'index. A ce cas se rattache celui représenté par la fig. 4 de M. Lucas, où l'un des index ainsi formés se divise encore une fois en deux parties à la pointe.

Ce même doublement latéral de l'index, je crois le reconnaître dans la fig. 12 de M. Jaeger, mais ici il y a en outre existence d'une double pince.

Dans la 2e figure de M. Lucas, où le pouce porte les doigts surnuméraires, mais où il n'y a pas de véritable doublement de la pince, attendu que trois des quatre doigts sont unis entre eux d'une manière immuable, je vois un degré inférieur de ce développement anormal.

Un degré plus élevé se rencontre dans l'*Uca* de M. Jaeger, chez lequel chacun des deux index a en face de lui un pouce mobile, encore que le pouce de la pince inférieure soit uni d'une manière immuable à l'index de la pince supérieure.

Mais l'anomalie la plus complexe, dans cette direction, nous est offerte par la pince d'*Eriphia* décrite ci-dessus, où chacun des trois pouces peut se mouvoir séparément, et où, par le renversement d'une couple d'appendices, il se forme trois pinces complètes.

---

[1]) Il est très possible que quelques-unes des anomalies déjà connues, par exemple celle de Jaeger fig. 3, ou celle de Roesel pl. LX, fig. 29, doivent être rapportées à cette rubrique. Toutefois, dans aucun de ces cas, il ne saurait être question de mobilité des parties surnuméraires, et je dois faire remarquer que l'idée générale de Roesel au sujet des monstruosités observées par lui, les présente comme un simple résultat de blessures ou de meurtrissures.

A cette même rubrique de déviations du type par voie de multiplication d'organes, il faut rapporter aussi l'anomalie que j'ai fait connaître antérieurement dans les *Dierkundige Bijdragen*, et dont, pour ne rien omettre, je reproduirai ici la description et la figure (Voy. pl. XI, fig. 9 et 10).

Cette anomalie a été observée au tarse de la patte gauche de la deuxième paire, chez un spécimen de *Lithodes arctica* Lam., qui se voit encore dans le Musée de la Société royale zoologique *Natura artis magistra*, à Amsterdam.

La patte droite et tous les articles de la patte gauche, à l'exception du dernier, ont la conformation normale. Le tarse gauche n'a qu'environ la moitié de la longueur qu'il devrait atteindre; il s'élargit en une espèce de main, qui se termine par trois doigts, inégaux de grandeur, et non situés dans le même plan, car celui du milieu se replie en arrière, tandis que l'antérieur se porte en avant. Les épines manquent au bord supérieur du tarse; ce n'est qu'au doigt antérieur qu'on voit des vestiges d'épines.

A la fin de son travail M. Jaeger communique les résultats auxquels l'a conduit l'étude des anomalies arrivées à sa connaissance; ce sont des considérations sur lesquelles je ne m'étendrai pas ici. A cette occasion, l'auteur fait ressortir aussi l'intérêt qu'offrirait l'étude anatomique des parties anomales. En même temps il indique comment on pourrait décider, par l'observation, si ces anomalies persistent sans modification, ou bien si, lors de la mue des Crustacés, le renouvellement de leur enveloppe tégumentaire conduit à une atténuation ou à une aggravation de l'écart existant.

Relativement à ce dernier point, Roesel assure que ces excroissances se maintiennent invariablement dans les mues successives. Il ne dit pas toutefois jusqu'à quel point cette assertion repose sur des observations personnelles.

Les phénomènes sont encore compliqués par la faculté de reproduction de membres perdus ou mutilés que possèdent les

Crustacés, et dont l'action mieux connue nous fournirait peut-être des éclaircissements sous maint rapport. L'intelligence parfaite de l'ensemble du phénomène ne peut évidemment être attendue que d'observations heureuses sur des individus anomaux vivants, combinées avec l'étude anatomique à l'état frais.

Les Crustacés sont d'ailleurs si généralement et si abondamment répandus, qu'il ne semble pas que l'espoir d'atteindre un jour à cette connaissance doive nécessairement être rangé parmi les *pia vota*. Il ne s'agit que de tirer parti des circonstances favorables.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Planche XI).

Fig. 1. Pince gauche normale du *Xantho punctulatus* de Haan, $\frac{3}{2}$ grand. naturelle.

„ 2. Pince gauche anomale de la même espèce, vue d'en dehors, $\frac{2}{1}$ grand. nat.

„ 3. La même, vue obliquement d'en bas et d'en dehors, $\frac{2}{1}$ grand. nat.

„ 4. La même, vue tout à fait d'en bas, $\frac{2}{1}$ grand. nat.

„ 5. Pince gauche normale de l'*Eriphia spinifrons* Herbst, grand. nat.

„ 6. Pince gauche anomale de la même espèce, vue d'en dehors, grand. nat.

„ 7. La même retournée, vue du côté interne, grand. nat.

„ 8. Les pinces supérieure et moyenne, vues d'en dehors, $\frac{5}{2}$ grand nat.

„ 9. Tarse de la deuxième patte droite du *Lithodes arctica* Lam., grand. nat.

„ 10. Tarse de la deuxième patte gauche du même individu, grand. nat.

SUR LA MANIÈRE DE VIVRE

DE L'EURYTOMA LONGIPENNIS WALK.,

PAR

H. WEYENBERGH Jr.

Le genre *Eurytoma* (Illiger), qui compte environ 60 espèces européennes, appartient à la sous-famille des *Eurytomidae* (Walker), famille des *Chalcididae* (Westwood), section des *Entophaga* (Westwood), division des *Terebrantia* (Linné), ordre des *Hymenoptera* (Linné) ou *Piezata* (Fabricius).

Dans presque tous les Traités de zoologie on trouve mentionné, relativement au genre *Eurytoma*, que les espèces vivent en parasites à l'intérieur d'autres insectes, comme cela a lieu pour les Eurytomides et les Chalcidides en général.

Il paraît toutefois que plusieurs espèces *d'Eurytoma* font exception à cette règle générale. C'est ainsi qu'on verra, par les détails dans lesquels nous allons entrer au sujet de *l'Eurytoma longipennis* (Walker), que la larve de cette espèce vit dans des excroissances en forme de galles du *Psamma arenaria* L. (en holl. *duinhelm*). Il est encore une autre espèce du même genre qui, à ma connaissance, a les mêmes habitudes. On trouve en effet, dans les *Transactions of the entomological Society of London*, IIIe Série, t. 2 (*Proceedings*), p. 141, le passage suivant, extrait d'un recueil périodique américain, et relatif à l'*Eurytoma flavipes* (Förster): „Of the *Eurytoma flavipes* for instance we learn that its depredations have been so great in the central part of the State (New-York) that, unless

some relief is found, barley will hardly appear in our sensal reports. It is worth remarking by the way that the New-York farmers appear from this to have no objection to making returns of the yield of their crops." Il est donc probable que cet *Eurytoma* occasionne des déformations aux épis de l'Orge, de même que *l'E. longipennis* à ceux du *Psamma*. Le dommage qui doit en résulter pour les récoltes de cette céréale est facile à comprendre.

C'est en 1868 que j'eus pour la première fois l'occasion d'étudier les déformations du *Psamma arenaria*, sur des échantillons trouvés à Zandvoort, près de Harlem, par un de mes amis. A l'extrémité de la tige existe une dilatation qui a l'aspect extérieur d'un bouton de fleur court et épais. Cette galle se voit représentée dans la fig. 1 (Pl. XII): *a* est ici la tige, *b. b* les feuilles externes, *c* les feuilles internes soudées avec l'excroissance. Lorsqu'on ouvre une pareille galle, en enlevant les feuilles une à une, on trouve entre les feuilles centrales intimement soudées, dans une substance verte, d'apparence médullaire, une larve d'une couleur jaune clair. C'est cette larve qui, agissant comme cause d'irritation anomale, donne lieu au développement morbide du tissu végétal.

La larve est logée dans un conduit au milieu de la matière médullaire verte, dont elle paraît faire sa nourriture. Je regarde cette matière comme un exsudat de la plante, épanché par suite de l'inflammation que détermine la larve, et solidifié peu à peu.

Au mois d'août la larve n'a encore que 2,5 millimètres de longueur, mais, à cela près, elle ne diffère pas des larves qui ont atteint toute leur croissance et qu'on trouve depuis la fin de l'automne jusqu'au printemps. Ces larves adultes sont longues d'au moins 5 millim.

La forme de la larve est en général assez allongée, et la couleur, comme nous l'avons dit, d'un jaune clair. Les douze segments du corps se distinguent facilement. Sur la face dorsale de plusieurs des anneaux on remarque des saillies en forme de verrues; ces tubercules se voient nettement depuis le quatrième jusqu'au dixième anneau, et c'est sur le sixième et le septième qu'ils sont le plus grands. L'extrémité céphalique est un peu plus

pointue que l'extrémité caudale, et celle-ci montre, à sa terminaison obtuse, une petite impression que je regarde comme l'ouverture anale. La tête est petite et présente une paire de mâchoires triangulaires, plus ou moins courbes, au-dessus desquelles on voit, sur la tête, une impression transversale. Je n'ai pu observer d'autres particularités à cette larve, dont les divers segments se ressemblent d'ailleurs parfaitement par la forme et la couleur et ne diffèrent un peu que par la dimension. A l'aide d'un fort grossissement on découvre çà et là un petit poil aux segments postérieurs. La figure 2 montre la larve grossie, et la figure 3 est une représentation très amplifiée de la tête. Un des anneaux du milieu est représenté fortement grossi dans la figure 4, pour donner une idée exacte de la forme et de la position des mamelons verruqueux. A ce grossissement on distingue quelques petits poils sur ces mamelons. Comme on le reconnaît sur la figure, la saillie des mamelons s'abaisse plus doucement vers la surface générale du corps à leur côté antérieur qu'à leur côté postérieur.

Me trouvant il y a quelque temps à Zandvoort, je profitai de l'occasion pour me faire indiquer l'endroit où les *Psamma* déformés avaient été découverts, et j'en recueillis encore de nombreux exemplaires. Le lieu où ils se trouvaient est une petite dépression dans les dunes, à quelques pas au sud de l'Hôtel des bains; les plantes attaquées occupaient surtout la pente intérieure de la dune qui borde la plage, et il était facile de les distinguer à distance, une fois qu'on avait appris à en connaître une seule. Bien qu'on fût déjà au mois de décembre, je ne remarquai encore aucun changement dans les larves. Jusque tout récemment, Zandvoort était resté la seule localité de notre pays où l'Hyménoptère en question eût été observé; antérieurement à cette découverte, il ne comptait pas parmi les espèces indigènes. Au mois d'août 1870, M. Hugo de Vries l'a retrouvé dans les dunes de la Hollande méridionale, près de Naaldwijk et de Voorne. — La larve et la manière de vivre de cette espèce étaient inconnues jusqu'à présent.

Une circonstance qui attira particulièrement mon attention, c'est que plusieurs des galles du *Psamma* étaient attaquées et

montraient un assez grand trou, qui, de l'extérieur, pénétrait jusqu'à l'endroit où avait résidé la larve; quant à celle-ci, elle avait toujours disparu des excroissances attaquées. En examinant ces trous avec plus de soin, j'y reconnus des traces évidentes de l'action des dents d'un animal rongeur, ce qui me conduit à supposer que les Campagnols cherchent dans ces larves une nourriture succulente pendant la saison rigoureuse, alors que leur table n'est en général pas trop abondamment servie.

Dans les premiers jours du mois de mars de cette année, je me rendis de nouveau à l'endroit désigné et rassemblai encore quelques galles; je trouvai les habitants toujours dans le même état qu'à l'époque de ma première visite, sauf qu'ils avaient peut-être pris un peu d'accroissement. J'ouvris alors aussi une des excroissances que j'avais rapportées en automne et qui avaient passé l'hiver dans ma chambre, dans un verre sec; mais je ne remarquai aucune différence avec celles qui étaient restées en plein air. A l'une des galles je vis un petit trou, par lequel je supposai qu'un Ichneumonide avait pu sortir, et dans une couple d'autres je trouvai une petite coque allongée, à tissu très fin, qui me parut également provenir d'un Ichneumon. A la fin de juillet j'obtins de ces coques le parasite *Bracon caudiger* (Nees ab Es.), Hyménoptère dont l'existence dans notre pays était également restée inconnue. Les coques de ce *Bracon* variaient en couleur du blanc clair au gris foncé, et les plus foncées fournissaient toujours des individus mâles. La larve de cette espèce a échappé à mon observation.

Même au commencement d'avril les larves de *l'Eurytoma longipennis* persistaient encore dans le même état; mais, vers le milieu de ce mois, elles étaient changées en nymphes, où l'on ne distinguait plus que des contours obscurs et dont la couleur était le jaune clair uniforme. L'abdomen se terminait en une petite pointe noire, à laquelle pendait encore, sous la forme d'une membrane blanche, la dépouille ridée de la larve. Peu à peu les formes devinrent plus distinctes et les linéaments des diverses parties commencèrent à s'accuser, à partir du dos. Une couple de

jours avant l'éclosion, la couleur était partout d'un noir brillant. Cette coloration avait commencé par la formation d'un point noir sur le milieu de l'abdomen et l'apparition d'une teinte foncée sur les yeux, puis elle s'était étendue successivement à tout l'abdomen, à la tête et au thorax, et en dernier lieu aux étuis des ailes et aux pattes. La fig. 5 montre la nymphe telle qu'elle est au moment où la larve vient de passer à cet état, et la fig. 6 la représente peu de temps avant l'apparition de l'insecte parfait; les yeux sont alors bruns, et aux segments de l'abdomen ainsi qu'aux organes appendiculaires se voient encore les restes de la couleur jaune. La tête (que la fig. 7 représente de face) offre une forme triangulaire et des antennes à gaînes crénelées et assez courtes. Les pattes sont de longueur médiocre, les ailes sont appliquées sur la face antérieure de l'abdomen et un peu plus longues que celui-ci. Le thorax est très bombé sur le dos, et l'abdomen assez obtus à l'extrémité.

Les nymphes se transformèrent en insectes parfaits à la fin de mai et en juin. L'état de nymphe dure donc environ six semaines.

Pendant que j'attendais de jour en jour le développement des insectes parfaits, j'eus encore la surprise de voir apparaître un Coléoptère du genre *Dasytes* Payk. (famille des *Dasytidae*, des *Malacodermes* (Marseul)), savoir le *Dasytes nobilis* (Illiger), espèce qui était également nouvelle pour la faune néerlandaise, et dont, quelques semaines plus tard (le 9 août), M. J. Kinker captura un individu à Bergen dans la Hollande septentrionale. Lorsque ce Coléoptère se montra pour la première fois, je crus à une méprise; mais, après que d'autres individus eurent suivi le premier, j'examinai la chose de plus près, et je me convainquis que ces animaux venaient bien réellement de l'intérieur de la galle, à laquelle ils pratiquaient un trou semblable à celui dont j'ai fait mention plus haut, en parlant du *Bracon caudiger*. En tout, je recueillis 4 ou 5 exemplaires de *Dasytes*, et je reconnus que dans toutes les galles qui avaient été habitées par ces Coleoptères, les larves d'*Eurytoma* avaient disparu. Le *Dasytes nobilis* paraît donc être aussi un parasite de *l'Eurytoma longipennis*, ce qui est d'ailleurs

en parfait accord avec le régime zoophage des larves et des insectes du genre *Dasytes*. Les premiers états de ce Coléoptère me sont toutefois restés inconnus, attendu que rien n'avait pu me faire deviner sa présence.

Pour éviter les redites, je serai bref dans la description de l'*Eurytoma longipennis* à l'état parfait, dont M. Walker a déjà fait connaître les caractères dans les *Ann. and Magaz. of Nat. hist.*, 1845, t. XV, p. 496.

La nymphe n'est pas entourée d'une coque, mais repose librement au milieu du conduit, qui passe par l'axe de la galle.

Description de l'insecte parfait (Voyez: fig. 8, l'insecte entier; fig. 9, une antenne grossie; fig. 10 et 11, les ailes).

La forme générale est allongée, et la couleur générale est le noir brillant, parfois avec un éclat légèrement métallique. Cette couleur recouvre les parties suivantes: la tête et les yeux, qui sont grands, les antennes assez courtes, les mâchoires, le cou, qui se distingue assez bien, le thorax, qui est allongé et plus ou moins rude et inégal à la face dorsale, enfin l'abdomen, qui est piriforme et terminé en pointe. Les hanches, la partie supérieure des fémurs, surtout au côté interne des pattes de devant, la partie moyenne des tibias des pattes postérieures et les tarses sont également noirs; le reste des pattes a une couleur brunâtre, passant du brun clair au brun foncé. Les ailes ne sont pas très diaphanes, mais plus ou moins troubles et un peu irisées à la pointe. Les pattes ne sont pas longues; par contre, les ailes dépassent de beaucoup la pointe de l'abdomen, de sorte que cette espèce porte à assez bon droit le nom de *longipennis*. La nervure primaire des ailes est colorée en brun clair. La longueur de l'insecte est d'environ 4 millimètres, l'expansion des ailes mesure 7 à 8 millimètres. Les sexes se distinguent, non-seulement par la forme plus ou moins aiguë du bout de l'abdomen et la présence ou l'absence de la tarière, mais aussi par les antennes, qui sont plus longues chez le mâle, et par les ailes supérieures, dont la pointe montre chez les femelles une petite nervure transversale.

L'œuf m'est resté inconnu, et mes petits Hyménoptères captifs ne s'accouplèrent pas. A l'état de liberté, l'accouplement, la ponte et l'éclosion des œufs paraissent se suivre à d'assez courts intervalles, car dès le commencement d'août on trouve de nouveau de jeunes larves. Il est probable que l'introduction de l'œuf dans la tige du *Psamma* se fait de la manière ordinaire.

Ces animaux sont d'un naturel inerte et apathique; le vol paraît leur être difficile, et souvent ils restent des journées entières sans changer de place, et cela soit qu'on les tienne dans l'obscurité, ou qu'on les expose aux rayons solaires, ou qu'on leur envoie des bouffées de tabac. Ce défaut de mobilité explique en partie le peu d'abondance de l'espèce, surtout si l'on tient compte de ce qu'elle est en butte aux attaques d'Ichneumons, de Coléoptères et de Campagnols, ennemis auxquels viendront s'ajouter maintenant les entomologistes.

J'ignore si, outre *l'Eurytoma* ici décrit et *l'E. flavipes*, qui vit dans l'orge, il y a encore d'autres espèces de ce genre qui aient les mêmes habitudes phytophages. Par contre, le régime zoophage, parasite, est bien constaté pour un grand nombre d'espèces, telles que: *E. abrotani* (Panzer) dans le *Bombyx pini* L. et le *Liparis dispar* L., *E. abieticola* (Ratzeburg) dans le *Curculio violaceus* F., *E. extincta* (Ratzeb.) dans le *Nematus angustatus* Kl., *E. aciculata* (Ratzeb.) dans le *Nematus pedunculi* Kl. et dans le *Cecidomyia salicina* Löw., *E. costata* (Ratzeb.) dans des cocons de *Microgaster* provenus du *Pieris crataegi* L., *E. flavovaria* (Ratzeb.) dans *l'Hylesinus fraxini* F., *E. plumata* (Illiger) dans le *Microgaster liparidis* Ratz., *E. signata* (Nees ab Es.) dans des galles de *Cynips*, *E. striolata* (Ratzeb.) dans *l'Eccoptogaster intricatus* Hal., et beaucoup d'autres. Il y a bien encore une espèce qui a été citée comme vivant sur une plante, savoir *l'E. exilis* (Dufour) sur le *Centaurea nigra* L.; mais on n'indique pas de quelle façon elle y vit, si c'est dans une galle ou de toute autre manière.

M. Westwood dans son *Introd. to modern classif.*, t. II, p. 161 (Note), et M. Blanchard dans son *Hist. nat. des ins.* ne croyaient pas encore que certains *Eurytoma* produisissent eux-mêmes des

galles, mais pensaient que ces insectes ne se trouvent dans ces excroissances que „pour se nourrir des vrais habitants."

On sait peu de chose concernant la distribution géographique de *l'Eurytoma longipennis*. L'auteur qui l'a décrit le premier l'a trouvé en Angleterre; il a été rencontré ensuite dans la Néerlande, aux endroits indiqués ci-dessus, par MM. Hugo de Vries et Ritsema, ainsi que par moi-même.

HARLEM, 1870.

EXPLICATION DES FIGURES.

(Pl. XII).

Fig. 1. Galle du *Psamma arenaria*. L.
„ 2. Larve de *l'Eurytoma longipennis* Walk. (grossie).
„ 3. Tête de la larve (très grossie).
„ 4. Un des segments moyens (très grossi).
„ 5. La nymphe, peu de temps après sa formation (grossie).
„ 6. La nymphe, peu de temps avant la sortie de l'insecte parfait (grossie).
„ 7. La tête de la nymphe, de face (grossie).
„ 8. *Eurytoma longipennis* Walk. ♀ (grossi).
„ 9. L'antenne d'un mâle (grossie).
„ 10. L'aile supérieure d'un mâle (grossie).
„ 11. L'aile inférieure d'un mâle (grossie).
„ 12. Une patte de derrière (grossie).
„ 13. Une partie d'une aile (très grossie).

NB. Les poils nombreux qui couvrent les ailes, comme on le voit dans les fig. 10 et 11, se trouvent chez les deux sexes. Dans la fig. 8, pour plus de clarté, ce caractère n'a pas été exprimé.

LA PREUVE DIRECTE

QUE LES

GLOBULES DU SANG FOURNISSENT DE LA FIBRINE,

PAR

A. HEYNSIUS.

M. van der Horst avait remarqué [1]) que si le sang d'un animal est reçu immédiatement, au sortir des vaisseaux, dans une solution de Cl Na d'une concentration telle que la coagulation soit empêchée, et si, après que les globules se sont déposés, le plasma étendu est saturé de Cl Na, il apparaît à la surface du liquide une couche de matière albuminoïde insoluble, semblable à la fibrine, tandis que, au fond du vase, il se forme un précipité floconneux de matière albuminoïde soluble dans le chlorure de sodium étendu et susceptible d'être coagulée dans cette dissolution. M. van der Horst avait constaté en outre qu'en ajoutant aux globules du sang, séparés avec soin, des dissolutions salines et traitant ensuite le mélange par l'eau, on peut extraire des globules une matière albuminoïde, qui par ses caractères, ainsi que l'avait déjà remarqué M. Denis, se rapproche le plus de la fibrine.

Postérieurement, j'avais trouvé que cette matière s'obtient aussi, du moins avec du sang d'oiseau, quand le sang défibriné est mêlé rapidement avec une grande quantité d'eau, et j'avais

---

1) Voyez *Arch. néerl.*, t. IV, p. 97 et suiv.

montré que la matière ainsi séparée renferme au moins 1 % de soufre [1]).

J'avais trouvé de plus que lorsque le sang, aussitôt qu'il a été retiré des vaisseaux, est mêlé avec une certaine quantité de de phosphate de soude, il fournit, dans la grande majorité des cas, plus de fibrine que le sang qui n'a pas subi ce mélange, et j'avais même pu communiquer quelques expériences dans lesquelles la proportion de fibrine avait été, de cette manière, plus que doublée [2]).

J'avais montré enfin que lorsque le sang est reçu dans une solution faible de sel marin, refroidie à 0°, le plasma ainsi étendu donne, même après qu'on y a ajouté de la globuline, beaucoup moins de fibrine qu'on n'en retire du sang lui-même [3]).

Ces résultats m'avaient forcé de renoncer à l'opinion généralement adoptée depuis J. Müller, d'après laquelle la fibrine, — ou la matière fibrinogène selon l'hypothèse de M. Schmidt, — proviendrait du plasma; ils m'avaient conduit à indiquer au contraire le stroma des globules comme la source principale de la fibrine du sang.

C'était là, en effet, la seule explication que permettaient les résultats obtenus. L'expérience sur laquelle se fondait J. Müller pour regarder la fibrine comme partie intégrante du plasma, — savoir, la coagulation du sang de grenouille après qu'il a été privé de ses globules par la filtration, — ne constitue évidemment pas une preuve suffisante; cette manière de voir est, au moins sous certains rapports, en complète opposition avec les phénomènes observés par moi, tandis que, d'un autre côté, tous les faits connus se concilient parfaitement avec l'hypothèse que le plasma du sang vivant ne renferme pas de matière fibrinogène en

---

1) Voyez *Arch. néerl.*, t. IV, p. 133.

2) *Loc. cit.*, p. 147. Depuis lors j'ai encore répété cette expérience plusieurs fois et toujours avec le même succès. Il est inutile de faire connaître ces nouveaux résultats, attendu que j'ai maintenant des arguments plus décisifs à produire en faveur de la proposition que les globules du sang renferment de la fibrine.

3) *Loc. cit.*, p.

quantité notable, mais que c'est seulement après l'extraction du sang que le stroma des globules cède cette matière au plasma.

Mais, quelque probabilité que mon hypothèse reçût des phénomènes observés, la preuve directe que les globules donnent de la fibrine manquait encore. Avec les globules isolés je ne parvenais plus à produire une coagulation, une séparation de fibrine. „Ce résultat négatif," disais-je [1]), „ne constitue du reste pas un argument contre l'hypothèse que la fibrine soit fournie en partie par les corpuscules du sang. Si ces corpuscules ont perdu leur vitalité et si, par suite, comme dans d'autres organismes élémentaires, une partie plus ou moins considérable du contenu albumineux s'est coagulée, il n'y a rien d'étonnant à ce qu'on ne réussisse pas à obtenir une seconde coagulation. Nous aurons alors beau dissoudre cette matière dans des dissolutions salines, nous n'y verrons pas plus de coagulation que dans les solutions de myosine ou de quelque autre protoplasma coagulé, — pas plus que dans les solutions de la fibrine elle-même." Néanmoins, il va sans dire qu'il me paraissait toujours très désirable de donner la preuve directe en question, si la chose était possible.

Jusqu'alors j'avais opéré surtout sur du sang de vache, de veau, de chien, de lapin et de poulet, et, pour faire déposer les globules et maintenir le plasma liquide, ce sang avait été mélangé ordinairement, au sortir de la veine, avec une solution de Cl Na d'environ 3 %. Or on sait que, pour observer les phénomènes de contraction du protoplasma, il faut éviter l'intervention de tous les agents énergiques, et employer une dissolution saline de tout au plus ½ à 1 %, si l'on ne veut pas voir ces phénomènes de contraction s'arrêter très promptement par suite de la coagulation du protoplasma.

Pour cette raison, j'avais déjà essayé antérieurement si des solutions de sel, moins concentrées que celles dont il avait été fait usage primitivement, ne seraient pas également capables de prévenir la coagulation du plasma. J'avais trouvé qu'en refroi-

---

1) *Loc. cit.*, p. 142.

dissant rapidement à 0°, on pouvait effectivement se contenter d'une proportion de sel un peu moindre, mais, même dans ces conditions, le sang des animaux précités ne restait liquide que lorsque la proportion de sel s'élevait au moins à 2,5%.

Parmi les différentes sortes de sang, celui de cheval se distingue par la lenteur de sa coagulation. A la température ordinaire ce sang reste liquide pendant une heure et plus après l'extraction, et lorsqu'on prend les soins convenables pour le refroidir rapidement à 0°, on peut, comme l'on sait, lui conserver l'état liquide pendant beaucoup plus longtemps et même pendant 24 heures.

D'après cela, si les globules du sang fournissent réellement de la fibrine, je pensai qu'il ne serait peut-être pas impossible de réaliser avec le sang du cheval ce que j'avais jusqu'alors vainement tenté d'obtenir avec le sang d'autres animaux. Peu importe que l'on ignore la raison pour laquelle ce sang se coagule plus lentement; le fait seul donnait lieu d'espérer qu'on parviendrait peut-être, avec lui, à fournir la preuve directe désirée. Peut-être des solutions salines plus faibles suffiraient-elles pour conserver à ce sang sa liquidité et par conséquent pour maintenir le protoplasma des globules lui-même à l'état vivant, non coagulé.

Comme, pour obtenir ce résultat, le refroidissement rapide à 0° était certainement une condition nécessaire, je remis l'exécution de l'expérience jusqu'au moment où je pourrais disposer des grands froids de l'hiver. Dans mes expériences antérieures la température de l'air avait été le plus souvent au-dessus de 0°, et, bien que le sang après son extraction eût toujours été refroidi à 0°, cette circonstance pouvait bien ne pas être tout à fait étrangère au fait que la solution saline devait contenir au moins 2½ p. c. de Cl Na pour maintenir le plasma liquide.

Je pris donc, pour commencer, des solutions de chlorure de sodium à 4 p. c., à 3 p. c. et à 2 p. c., et dans 1000 c.c. de ces solutions je laissai se déposer environ 100 c.c. de sang de cheval. Comme moyen de contrôle je fis, pour chacun de ces degrés de concentration, deux expériences différentes. Les flacons et les

solutions salines étaient pesés d'avance et refroidis à 0°. Le sang, reçu dans des verres gradués refroidis à 0°, était versé immédiatement dans la solution saline, et le mélange était placé dans une masse considérable de glace fondante. Après qu'il y était resté pendant assez longtemps pour que sa température se fût abaissée à 0°, on déterminait par une pesée la quantité de sang ajoutée. Lorsque les globules du sang étaient entièrement déposés, on décantait avec précaution et d'une manière aussi complète que possible le sérum étendu. Le flacon était ensuite pesé de nouveau, ce qui donnait le poids des globules déposés plus le plasma étendu qui leur était resté adhérent. Les globules ainsi obtenus étaient en partie délayés dans du sérum de vache refroidi à 0°, en partie dissous dans de l'eau refroidie puis chauffés à 40°.

L'épreuve réussit parfaitement. Dans chacune des six expériences instituées il y eut coagulation évidente; mais c'est surtout avec les globules séparés du sang par la solution de chlorure de sodium à 2 p. c., que le résultat fut frappant. Avec ceux-là on obtint une coagulation en caillot bien formé.

La réussite ainsi constatée, j'entrepris naturellement une détermination quantitative, qui me donna les chiffres suivants:

Expér.	Richesse de la solution de Cl Na.	Quantité de sang, en gr.	Globules déposés, en gr.	Proportion de fibrine, en %.	Observations.
1.	4 %	102	52	0,07	Mélangé avec du sér. de vache.
2.	4 „	115	58	0,08	„ „ de l'eau.
3.	3 „	104	47	0,08	„ „ du sér. de vache.
4.	3 „	101	44	0,11	„ „ de l'eau.
5.	2 „	117,5	79	0,14	„ „ du sér. de vache.
6.	2 „	105	53	0,13	„ „ de l'eau.

Ce résultat est certainement très satisfaisant. Le sang lui-même ayant fourni 0,6 p. c. de fibrine, on voit que $\frac{1}{5}$ de cette quantité peut encore être retiré des globules. Il est impossible de faire dériver cette fraction du plasma adhérent, car dans cette hypothèse, en admettant par exemple qu'il faille encore déduire du poids des globules la moitié pour le plasma qui leur adhère, on arriverait

à des chiffres absurdes pour la richesse en fibrine de ce plasma. Prenons le cas le plus défavorable (expérience 1), celui dans lequel a été obtenue la plus petite quantité de fibrine. Supposons que le poids des globules provenant de 102 gr. de sang ne soit que de 26 gr., et que le reste des 52 gr. trouvés, c'est-à-dire 26 gr., doive être attribué au plasma qui mouille les globules. Le poids total de la solution saline dans laquelle le sang a été reçu s'élevait à 1120 gr. Dans ce poids total il aurait donc dû se trouver 3,5 gr. de fibrine, ce qui assignerait au plasma sanguin lui-même une richesse en fibrine d'environ 4,5 p. c.

Mais la proportion de fibrine du plasma a aussi été déterminée directement. On prit 200 c.c. de plasma soigneusement séparé des globules, — lequel plasma était parfaitement incolore dans les expériences 3—6, mais d'une teinte rouge clair dans les expériences 1 et 2, — et on les chauffa à 40°, après les avoir étendus d'une quantité d'eau telle que la proportion de sel fût de 2 p. c. dans tous les liquides. Par ce traitement, il ne se sépara du liquide de 5 et 6 qu'une quantité insignifiante de matière albuminoïde, du liquide de 3 et 4 un peu plus, et de celui de 1 et 2 une quantité assez notable. Dans aucune de ces expériences la coagulation ne donna lieu à un caillot, partout on n'obtint que des flocons. La détermination quantitative fournit le résultat suivant:

	Fibrine en grammes.		Fibrine du plasma en %.
1.	0,120	c'est-à-dire	0,68
2.	0,098	„	0,55
3.	0,020	„	0,11
4.	0,020	„	0,11
5.	0,007	„	0,04
6.	0,001	„	0,04

Le chiffre plus élevé obtenu dans les expériences 1 et 2, où le plasma était un peu coloré, faisait naître la présomption que les liquides abandonneraient plus de fibrine si on les mélangeait

avec du sérum. On ajouta par conséquent à chacun d'eux 25 c.c. de sérum de vache, après quoi on obtint:

	Fibrine en grammes		Fibrine du plasma en %.
1.	0,014	c'est-à-dire	0,08
2.	0,012	„	0,06
3.	0,034	„	0,19
4.	0,029	„	0,15
5.	0,045	„	0,20
6.	0,030	„	0,16

La quantité totale d'albumine coagulable (fibrine) dans le plasma s'élevait donc à:

1	0,76	%
2	0,61	„
3	0,30	„
4	0,26	„
5 . . . . , ...	0,24	„
6	0.20	„

On pourrait penser toutefois que par suite de l'une ou l'autre circonstance, telle par exemple que la trop forte proportion de sel dans le liquide, la coagulation du plasma avait été incomplète. Pour ce motif je cherchai encore combien de matière albuminoïde il était possible de retirer du plasma à l'aide de la saturation par Cl Na. Je trouvai ainsi dans 200 c.c.:

1.	0,175	c'est-à-dire	0,85	%
2.	0,183	„	0,99	„
3.	0,166	„	0,88	„
4.	0,151	„	0,89	„
5.	0,155	„	0,70	„
6.	0,117	„	0,62	„

On voit d'après cela que la quantité de fibrine ou de matière fibrinogène contenue dans le plasma est absolument incapable de rendre compte de la quantité de fibrine qui a été retirée des globules séparés du sang.

Cette conclusion est d'ailleurs en parfait accord avec la proportion de fibrine du sang lui-même. J'ai trouvé en effet:

Sang en grammes.	Fibrine en grammes.	Fibrine en %.
103	0,601	0,59
62,5	0,419	0,67
82	0,513	0,64

Quelque satisfaisant qu'eût été le résultat, je tenais pourtant à répéter l'expérience encore une fois. Il avait été reconnu qu'une solution de Cl Na à 2 % était bien suffisante pour maintenir le sang à l'état liquide, et c'est précisément avec cette solution faible qu'on avait extrait le plus de fibrine des globules. Peut-être était-il possible d'employer des solutions salines encore moins concentrées. Les expériences communiquées ci-dessus avaient eu lieu le 3 février dernier, par une température qui, bien que peu élevée, était pourtant de quelques degrés au-dessus de 0°. Je voulus donc recommencer l'épreuve à une température encore plus basse, et recevoir en outre le sang dans des solutions salines encore plus faibles. En conséquence, le 14 février, la température de l'air étant de 3—4° au-dessous de 0°, du sang de cheval fut recueilli, de la manière indiquée précédemment, dans des solutions de Cl Na à 0,5 p. c. et 1 p. c.

Dans la solution à 0,5 p. c. les globules du sang ne se déposèrent qu'imparfaitement; en outre, la solution se colora fortement et après 24 heures elle était partiellement coagulée.

Au contraire, dans la solution à 1 p. c. de Cl Na, le dépôt des globules se fit de la manière la plus nette: le liquide ne montrait aucune trace de coloration ni de coagulation. Les globules déposés formaient sur le fond du vase une couche d'un rouge vif. Ils furent délayés dans du sérum refroidi à 0°, puis abandonnés à eux-mêmes dans une pièce chauffée. Une coagulation parfaite, en caillot, s'y produisit, et la détermination quantitative donna le résultat suivant:

Expérience.	Richesse de la solution de Cl Na.	Quantité de sang, en grammes.	Globules déposés, en grammes.	Proportion de fibrine, en %.
7	1 %	112	61	1,1

On prit 630 c.c. du plasma étendu et limpide dans lequel les globules s'étaient déposés, et, après y avoir ajouté 50 c.c. de sérum de vache, on chauffa à 40°. On obtint ainsi 0,067 gr. de fibrine. Les globules avaient été mélangés avec 1064 gr. de liquide; on avait donc trouvé pour la quantité totale de plasma sanguin 0,114 gr. ou 0,1 p. c. de fibrine; par la saturation avec Cl Na on en précipita 0,65 p. c. de matière albuminoïde.

On effectua également une détermination quantitative de la fibrine du sang lui-même, sur une portion de ce liquide recueillie immédiatement après la première. 290 gr. de sang fournirent 1,21 p. c. de fibrine (déterminée par le lavage du caillot).

Le résultat, comme on voit, ne laisse rien à désirer. Il est établi que quand du sang de cheval est reçu, sous des conditions favorables, dans une solution de Cl Na à 1 p. c., le plasma ne renferme que 9 p. c. de la quantité de fibrine du sang, tandis que les globules fournissent le reste, c'est-à-dire 91 p. c.

La proposition, que les globules du sang sont réellement la source principale de la fibrine de ce liquide, est donc aussi démontrée directement.

Lorsque les globules du sang, déposés, comme on vient de le dire, dans une solution de chlorure de sodium à 1 p. c., sont portés sous le microscope, on ne constate d'abord aucun changement dans leur forme. Mais, au bout de très peu de temps, leurs contours deviennent irréguliers. Ils commencent à s'agglutiner entre eux et forment des grumeaux d'une matière gélatineuse, colorée en rouge. On acquiert donc aussi immédiatement, par la vue, la preuve de la coagulation des globules du sang.

J'aurais volontiers étudié de plus près, sous le microscope, ces phénomènes de coagulation, mais je n'ai pas été à même de le faire, n'ayant plus pu obtenir du sang de cheval. Surtout pendant l'hiver, qui est la saison la plus favorable pour ces recherches,

on n'aime pas à laisser subir une saignée à un cheval. Au printemps on l'accorde plus facilement, et j'espère par conséquent avoir bientôt l'occasion de reprendre cette étude [1]).

La même raison m'a empêché de rechercher si une proportion de fibrine aussi élevée que celle donnée par l'expérience 7 se présente plus fréquemment chez le cheval. Dans l'expérience précédente la quantité n'avait pas été aussi grande. L'animal qui avait fourni le sang était sain, mais vieux. Le sang se coagulait très lentement, en partie, sans doute, par suite de la basse température; or la coagulation lente semble augmenter, en général, la proportion de fibrine.

Dans une autre expérience, 480 gr. de sang du même cheval qui avait fourni la matière de l'expérience 7, furent mélangés avec 5 litres d'une dissolution de Cl Na à 1 p. c. refroidie à 0°, et les globules déposés furent délayés dans assez de sérum de vache pour que le volume total fût de 500 c.c., c'est-à-dire à peu près égal à celui du sang employé. Ici également on obtint un caillot parfait, qui donna 12,345 gr. de fibrine humide. — Cette fibrine, soumise au lavage, n'abandonne que très difficilement la matière colorante qui l'imbibe, et elle reste toujours d'une teinte un peu grisâtre. Sous ce rapport, elle se comporte comme la matière qui se sépare du sang défibriné de poulet, quand on le mêle avec de l'eau: cette matière non plus ne peut être obtenue entièrement incolore.

Quoique la nature albuminoïde de la matière obtenue par la coagulation des globules du sang se démontre facilement par les réactifs ordinaires, je n'ai pourtant pas négligé d'en contrôler la composition élémentaire. Avant de la soumettre à l'analyse je la

---

1) Bien que je ne méconnaisse pas l'importance d'une pareille étude microscopique, je crois pourtant — ce qui du reste a déjà été constaté dans beaucoup de recherches microchimiques très diverses et, pour le sang en particulier, dans celles de M. Brücke (*Sitzungsber. d. Wien. Akad.*, t. LIX) et de M. Rollet (*Untersuch. aus dem Institute in Graz*. 1870) — qu'elle peut simplement servir de guide et de moyen de contrôle pour l'étude macroscopique, mais qu'elle est tout à fait incapable de nous éclairer sur la véritable nature chimique des principes constituants.

fis bouillir à différentes reprises avec de l'éther et de l'alcool, puis sécher à une température de 130°.

0,2834 gr. donnèrent 0,5552 gr. CO_2 et
0,1881 „ H_2O.

0,2802 gr. donnèrent NH_3 en quantité suffisante pour saturer 3,25 c.c. d'acide chlorhydrique normal.

0,2842 gr. donnèrent 0,0336 gr. $BaSO_4$.

La matière renfermait par conséquent:

C	53,4
H	7,4
N	16,3
S	1,2
O	21,7

Bien qu'il soit prouvé maintenant que les globules du sang fournissent de la fibrine lorsque ce liquide est extrait des vaisseaux, cela ne veut pas dire que la fibrine soit un élément constitutif des globules vivants. Au contraire, si elle faisait, comme telle, partie constituante des globules vivants, il est clair qu'elle ne pourrait plus être cédée par les globules au plasma. Quant à la forme sous laquelle la matière fibrinogène existe réellement durant la vie, c'est ce qu'il m'est tout aussi impossible de préciser pour la matière fibrinogène des globules du sang que pour celle des muscles et du protoplasma en général. Mais, d'un côté comme de l'autre, les phénomènes observés nous conduisent à l'hypothèse, que cette matière fibrinogène existe dans le protoplasma vivant à l'état de combinaison avec d'autres matières, et que cette combinaison se défait au moment de la mort.

Lorsque, à ce moment, le protoplasma est en contact avec un liquide, une partie plus ou moins considérable, suivant les circonstances, de la matière fibrinogène elle-même, ou peut-être de sa substance-mère, passe dans ce liquide. Le reste se coagule dans le protoplasma même.

Il est difficile de dire combien il existe de cette matière fibrinogène dans le plasma du sang vivant. Mes expériences montrent que la quantité n'en peut être grande. La dissolution de Cl Na

à 1 p. c., dans laquelle s'étaient déposés les globules du sang, n'a donné qu'un poids de fibrine correspondant à une proportion de 0,1 p. c. de cette matière dans le plasma, tandis que le sang lui-même en fournit 0,2 p. c. Le plasma vivant ne peut donc en avoir contenu plus de 0,1 p. c., mais il y a de fortes raisons pour croire que la proportion de fibrine du plasma vivant doit être évaluée à moins encore, car 1° ce plasma étendu n'est pas exempt de cellules, surtout de globules blancs du sang, et 2° il est probable que les globules du sang, en se déposant, ont cédé au liquide une certaine quantité de leur fibrine.

Avec le sang d'autres espèces animales je n'ai pas réussi jusqu'à présent à produire, au moyen des globules isolés, une coagulation véritable. En opérant sur le sang du chien, par un froid rigoureux, on trouve bien que les globules se déposent parfaitement dans une dissolution de Cl Na à 1 p. c. et que le liquide ne se coagule pas, mais les globules séparés ne donnent, après avoir été mêlés avec du sérum ou dissous dans l'eau, que la quantité de fibrine qui peut être attribuée au plasma adhérent. Néanmoins, ici encore on retire du plasma étendu beaucoup moins de fibrine qu'on n'en obtient du sang lui-même. Dans le sang des animaux autres que le cheval, la substance-mère de la fibrine paraît donc se décomposer plus rapidement, et donner lieu à la coagulation dans les globules mêmes, avant qu'ils puissent être séparés du plasma. Pourtant, je pense que personne ne fera difficulté de regarder comme s'appliquant aussi au sang d'autres animaux ce qui a été reconnu pour celui du cheval.

L'insuccès des expériences chez les animaux autres que le cheval n'est pas sans importance sous un autre rapport. La question pourrait s'élever si la matière fibrinogène ne serait pas entraînée avec les globules d'une manière mécanique, et ainsi précipitée du plasma. Le résultat négatif obtenu avec le sang des animaux autres que le cheval, montre qu'il ne peut en être ainsi. En effet, si la matière fibrinogène était entraînée mécaniquement par les globules, lorsque ceux-ci se déposent dans une solution saline étendue, toutes les sortes de sang devraient se comporter de la même manière.

NOUVEAUX RÉSULTATS DE MESURES
PAR LE PLANIMÈTRE POLAIRE D'AMSLER,

PAR

H. HARTOGH HEYS VAN ZOUTEVEEN.

Dans le tome IV de ce Journal j'ai fait connaître le résultat de mesures exécutées, à l'aide du planimètre polaire, sur la Carte géologique du Dr. Staring. Depuis lors, j'ai encore reçu trois cartes supplémentaires, faisant partie du même travail: la première indique la constitution du Limbourg et de la Hesbaye, après qu'on a enlevé par la pensée les dépôts quartaires; la seconde représente la Néerlande, telle qu'elle serait en supposant les digues absentes et le pays inondé par la mer à la hauteur du flux ordinaire et par les rivières au niveau le plus élevé possible; la troisième est une carte hypsométrique des Pays-Bas. J'ai fait à ces trois cartes l'application du planimètre polaire d'Amsler, et je crois qu'il ne sera pas sans intérêt de publier également le résultat de ces nouvelles mesures.

Quand on fait abstraction en idée des terrains quartaires, les terrains plus anciens occupent dans la partie du Limbourg néerlandais située au sud d'une ligne allant de Papenhoven à Broek-Sittard, l'étendue suivante:

Terrain houiller	110	hectares.
Système aachenien	260	"
Système hervien	900	"
Système galoppien	9410	"
Système maestrichtien	13580	"
Système tongrien inférieur	5980	"
Système tongrien supérieur	1280	"
Système rupélien inférieur	8590	"
Gravier d'Elsloo	280	"
Système boldérien, Lignites du Limbourg	21670	"
Total	62060	hectares;

à quoi il faut ajouter que, dans les limites indiquées, il se trouve encore, le long de la rive droite de la Meuse, au nord de Wyk, plus de 3000 hectares de terrain laissé en blanc.

Le tableau ci-dessus donne donc pour les

terrains primaires	110	hectares
" secondaires	24150	"
" tertiaires	37800	"

En comparant ces nombres à ceux qui ont été publiés antérieurement, on trouve que les terrains en question se montrent au jour (non recouverts par des dépôts quartaires) sur l'étendue suivante:

Terrain houiller	0	hectares	ou	0	pour	cent.
Système aachenien	120	"	"	46,1	"	"
Système hervien	596	"	"	66,2	"	"
Système galoppien	176	"	"	1,8	"	"
Système maestrichtien	556	"	"	4,0	"	"
Système tongrien inférieur	124	"	"	2,0	"	"
Système tongrien supérieur	120	"	"	9,3	"	"
Système rupélien inférieur	248	"	"	42,8	"	"
Gravier d'Elsloo	8	"	"	42,8	"	"
Système bolderien, Lignites du Limbourg	554	"	"	42,5	"	"

c'est-à-dire:

Terrains primaires	0	hectares	ou	0	pour	cent
" secondaires	1448	"	"	6	"	"
" tertiaires	1054	"	"	2,7	"	"
Total	2502	"	"	4	"	"

Les mesures effectuées sur la seconde carte nous apprennent que, si les digues n'existaient pas, 1,060,160 hectares ou 32,2 pour cent de la surface de la Néerlande seraient couverts par la mer à chaque marée haute. C'est donc seulement cette partie du sol qui peut être regardée comme conquise sur les eaux, et on voit d'après cela combien est fausse cette idée, répandue surtout à l'étranger, que notre pays presque tout entier aurait été arraché aux flots par la main de l'homme. Dans l'hypothèse de la non-existence des digues, il y aurait, en outre, 411,280 hectares, ou 12,5 pour cent de la superficie du sol, qui seraient submergés

par les rivières lors des plus fortes crues. Si l'on déduit la somme des deux nombres précités de l'étendue totale de la Néerlande, soit 3,283,998 hectares (d'après les mesures cadastrales de 1860), on arrive à ce résultat, que 1,812,558 hectares ou 55,1 pour cent de la surface ne seraient envahis, ni par la mer dans les marées ordinaires, ni par les rivières au maximum connu de leur élévation [1]).

L'application du planimétre à la troisième carte a produit le tableau suivant:

Hauteur en mètres au-dessus ou au-dessous de A. P. (zéro de l'échelle d'Amsterdam).	Nombre d'hectares.	Rapport à la superficie totale, exprimé en centièmes.	
plus bas que 2,5 — A. P.	81650	2,48	28,24
2.5 — A. P. jusqu'à à A. P.	846080	25,76	
A. P. jusqu'à 1 + A. P.	449930	13,70	
1 + A. P. jusqu'à 5 + A. P.	436300	13,28	
5 + A. P. jusqu'à 10 + A. P.	286650	8,70	71,69
10 + A. P. jusqu'à 25 + A. P.	771160	23,48	
25 + A. P. jusqu'à 50 + A. P.	344400	10,48	
50 + A. P. jusqu'à 100 + A. P.	48130	1,46	
plus haut que 100 + A. P.	19610	0,59	
Total.....	3283910	99,93	

Le résultat brut de la mensuration était un peu plus élevé: la somme des nombres obtenus montait à 3,315,960 hectares, et surpassait par conséquent d'environ $^{9}/_{10}$ pour cent l'évaluation cadastrale. Cette mensuration n'avait donc pas tout à fait le même degré d'exactitude que celle de la Carte géologique, ce qui est dû sans doute à ce que la carte mesurée en dernier lieu est à une échelle beaucoup plus petite. Néanmoins, la différence avec le chiffre réel de la superficie est encore extrêmement faible.

Chacun des résultats bruts de l'opération a été réduit de $^{9}/_{10}$ pour cent, et c'est ainsi qu'ont été obtenus les nombres d'hectares qui figurent au tableau précédent. Quant aux rapports centésimaux,

[1]) Il n'a pas été possible d'obtenir ce dernier nombre par voie directe, attendu qu'une grande partie de la province de Limbourg ne figure pas sur la carte.

ils ont été déduits directement des nombres fournis par la mensuration. De même que pour la Carte géologique, les mesures embrassent tout ce qui peut être regardé comme faisant partie de la terre solide, mais non les plages et les bas-fonds qui assèchent à marée basse.

Le dernier tableau me paraît également très propre à donner une idée plus juste de l'état de notre sol, surtout aux étrangers. Ceux-ci se représentent ordinairement la surface de notre pays comme tout à fait plane, comme étant située au-dessous du niveau de la mer dans la plus grande partie de son étendue, et comme ne s'élevant, dans tout le reste, que très peu au-dessus. Le tableau nous montre, au contraire, qu'il n'y a qu'environ 28 pour cent du sol qui soient inférieurs au niveau moyen de la mer (A. P.), tandis que près de 72 pour cent, ou les ¾ environ, dépassent ce niveau et s'élèvent à des hauteurs variées, qui atteignent 100 mètres sur une grande étendue du territoire et qui peuvent même aller jusqu'à 200 mètres. Les points les plus bas ne sont presque jamais à plus de 5 mètres au-dessous de A. P.

NOTE SUR LA NIDIFICATION DE VESPA GERMANICA FABR.,

PAR

H. J. VAN ANKUM.

C'est un fait universellement connu que la *Vespa germanica*, l'espèce de Guêpes sociales la plus commune dans notre pays, construit son nid sous terre, de préférence dans une cavité déjà existante. Il en est de même des *Vespa vulgaris* auct. et *Vespa rufa* L., deux espèces dont la première se rencontre fréquemment chez nous, tandis que la seconde y est plus rare. Dans quelques cas pourtant la *Vespa vulgaris* fait son nid, non pas au-dessous, mais

au-dessus du sol. M. Smith du moins rapporte (*Zoologist*, I, n°. VI, p. 166) que cette espèce place quelquefois ses guêpiers dans des granges, etc., que lui-même en a découvert un dans une vieille pompe en bois, et que M. Westwood possède des individus provenant d'un nid qui se trouvait attaché au toit d'une maison. M. Wood (*Homes without hands*, P. VIII, p. 256) dit également que les guêpiers de *Vespa vulgaris* sont quelquefois construits au-dessus du sol, et qu'il existe au musée d'Oxford un très grand spécimen, trouvé dans de semblables conditions.

Quant aux deux autres espèces de Guêpes souterraines (*ground wasps*, comme les Anglais appellent les espèces sociales, qui construisent leurs guêpiers dans le sol), leurs nids, pour autant que je sache, n'ont jamais été trouvés autre part que *sous* terre.

Pendant l'été de l'année actuelle, il arriva qu'un nid de Guêpes fut construit dans une serre du ci-devant Jardin botanique de Rotterdam, sur une planche située à environ 3 mètres au-dessus du sol. Sur cette planche se trouvaient plusieurs couvertures de chanvre, destinées à être posées sur le vitrage de la serre, pour abriter les plantes, lors des grands froids. Ces couvertures étaient roulées sur elles-mêmes et empilées les unes sur les autres. C'est dans un des rouleaux inférieurs, dans une cavité restée accidentellement entre les plis de l'étoffe, que les Guêpes avaient établi leur nid. A cause de l'embarras qu'ils occasionnaient, les insectes furent expulsés au commencement du mois de septembre. Ayant appris ces circonstances, il y a quelques semaines, je me rendis sur les lieux, et voici ce que je constatai.

Le nid se composait de 4 rayons. Deux de ces rayons, les plus grands, avaient une forme ovale très allongée, sans aucun doute parce que l'espace disponible n'avait pas permis aux Guêpes de leur donner la forme ronde ordinaire. L'un de ces gâteaux, — qui avait servi à élever des individus mâles, ainsi que je le reconnus par l'examen d'une nymphe assez bien développée qui se trouvait encore dans un des alvéoles, — était long de 220 mm. et large de 6 mm. Le second gâteau, qui avait été occupé par des individus femelles, présentait un diamètre longitudinal de 190

mm. et un diamètre transversal de 6 mm. Les deux autres rayons, qui avaient également servi à élever des femelles, étaient beaucoup plus petits que ceux dont il vient d'être question: l'un était un peu plus grand qu'une pièce de cinq francs, l'autre n'avait guère la dimension d'une pièce de deux francs.

A l'inspection d'une couple de spécimens de l'insecte, qui se trouvaient près du nid, je reconnus immédiatement que celui-ci appartenait aux Guêpes souterraines. En effet, aussi bien chez la femelle, qui vivait encore au moment où le nid fut enlevé, que chez le mâle, les yeux atteignaient la base des mandibules, et le premier article des antennes ne montrait pas de couleur jaune. Il était évident aussi que le nid ne pouvait provenir de *Vespa rufa*, aucun des deux individus n'ayant sur le second segment de l'abdomen les taches rouges caractéristiques de cette espèce. L'individu femelle montre sur le chaperon jaune trois petits points noirs; le premier segment de l'abdomen est jaune avec trois taches noires, dont celle du milieu a une forme rhomboïdale; enfin les taches qui se voient le long des épaules, des deux côtés du thorax, sont de forme triangulaire [1]). Tous ces caractères prouvent suffisamment, qu'il s'agit ici de la *Vespa germanica*. D'ailleurs, j'ai encore examiné les organes générateurs mâles, qui, d'après les recherches de M. Smith (*Zoologist*, IX, n°. CVII, Appendix, art. XXVII, p. CLXXVIII; *idem*, X, n°. CXXI, p. 3703), offrent des différences assez prononcées dans beaucoup de nos espèces indigènes. Cet examen a complétement mis hors de doute l'identité de l'espèce.

Nous avons donc ici un premier exemple d'un nid de *Vespa germanica*, construit au-dessus du sol. L'écart est toutefois moins grand qu'il ne semble au premier abord, puisque l'insecte s'est servi, comme d'ordinaire, d'une cavité préexistante.

Mais l'étude du nid montra, qu'il était encore intéressant sous

---

[1]) Pour la distinction des femelles et des ouvrières des *Vespa germanica* et *vulgaris*, on doit tenir compte surtout de la forme de ces taches; chez la première espèce, elles sont plus triangulaires, chez la seconde, linéaires. J'ai fixé récemment l'attention sur la valeur de ce caractère, dans mon mémoire sur les guêpes sociales indigènes („Inlandsche sociale wespen").

d'autres rapports. En effet, les rayons n'étaient pas régulièrement fixés les uns au-dessous des autres par de petits piliers, comme c'est ordinairement le cas dans les nids de Guêpes et les ouvertures des alvéoles n'étaient pas non plus tournées en dessous. Chacun des rayons était attaché isolément à la couverture de chanvre, par conséquent aux parois de la cavité, qui était plus ou moins cylindrique. On aura une idée exacte de la disposition du nid, en se figurant les 4 rayons placés à côté et les uns près des autres sur une couverture étendue horizontalement, puis se figurant cette couverture enroulée, de manière à laisser subsister un petit espace occupé précisément par les rayons.

Le nid était remarquable aussi par l'absence d'une enveloppe. La même chose a été observée une fois dans le nid de *Vespa Crabro* L.-M. de Saussure (*Monographie des Guêpes sociales*, p. XCVI, Pl. XVI, fig. 2) mentionne un nid de cette espèce, conservé au Musée de Londres, bâti dans un tronc d'arbre creux et qui manque totalement d'enveloppe. Pour les Guêpes souterraines un fait analogue n'avait pas encore été signalé, au moins à ma connaissance. Dans le nid que je viens de décrire, on ne trouvait, ça et là, que de très faibles traces d'une enveloppe, ce qui est tout à fait d'accord avec la remarque suivante de M. de Saussure (*loc. cit.*, p. C) relativement au nid des Guêpes souterraines: „Son enveloppe ne sera nécessaire qu'autant que la cavité laissera des fentes à boucher ou des orifices à diminuer; elle pourra donc être ou nulle ou incomplète, ou complète mais irrégulière; le hasard seul en décidera et les convenances locales serviront de guide aux travaux que dirige chez les Guêpes aériennes une loi fixe et immuable."

SUR QUELQUES

nouvelles formules de réduction

DANS LA

THÉORIE DES INTÉGRALES DÉFINIES,

PAR

D. BIERENS DE HAAN.

Mém. de l'Ac. Roy. des Sciences. Sciences Phys. et mathém. T. XII.

---

1. Parmi toutes les méthodes différentes que l'on a inventées pour la réduction des intégrales définies, il y a une qui est toujours d'un grand intérêt. C'est celle où il s'agit de développer en série indéfinie un facteur de la fonction à intégrer. Or, d'une part elle constitue un lien entre la théorie des intégrales définies et celle des séries, théories dont on ne peut méconnaître la liaison intime, et d'un autre côté elle offre beaucoup d'intérêt au point de vue de l'analyse. C'est-à-dire qu'ici les conditions de convergence jouent un grand rôle et qu'il faut être prudent dans l'application des règles qui ont généralement cours; et encore, que parfois l'on tombe sur des résultats, soit très simples, soit très curieux, auxquels on ne se serait pas attendu. Dans plusieurs de mes notes antérieures les exemples n'en manquent pas, et dans celle-ci il s'agit encore de ces intégrales, qui s'y trouvent dans une position particulièrement extraordinaire.

En général, dans ces sortes de recherches, il est absolument nécessaire d'exclure tout à fait les séries qui seront divergentes entre les limites de la variable, dont on fait usage. Et cela est tout naturel, puisque seulement dans le cas de séries convergentes

on a affaire à des intégrales continues. Les intégrales discontinues mènent à des séries divergentes, et l'on peut dire généralement qu'elles se soustraient à toute discussion. Dès lors il peut paraître dangereux et même illicite d'introduire une sorte de séries divergentes, comme nous allons le faire: mais pourtant j'ose croire que les résultats seront suffisamment établis, pourvu qu'on ne néglige pas les mesures de précaution, que la méthode démontre être indispensables, mais en même temps suffisantes.

2. Toute fonction qui peut être développée suivant les sinus ou les cosinus des multiples de la variable x ou plutôt du produit sx, — et c'est une propriété assez étendue, — peut être exprimée par une sommation par rapport à l'indice n

$$f_1(x) = \sum_1^a A_n \, Sin\, nsx, \ldots (a) \quad f_2(x) = B_0 + \sum_1^a B_n \, Cos\, nsx; \ldots (b)$$

où l'on n'a pas mis le B_0 sous le signe de sommation, parce qu'il arrive souvent dans la suite que les fonctions, qui contiennent B_0, ne suivent pas la même loi que celles qui contiennent le B_n.

Maintenant soit $\varphi(x)$ une fonction quelconque de x, et p et q des limites quelconques de cette variable: il vient

$$\int_p^q \varphi(x) f_1(x)\, dx = \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, nsx\, dx, \ldots\ldots\ldots\ldots (A)$$

$$\int_p^q \varphi(x) f_2(x)\, dx = B_0 \int_p^q \varphi(x)\, dx + \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x)\, Cos\, nsx\, dx \ldots (B)$$

Pour que ces formules puissent servir, il est nécessaire que les intégrales qui se trouvent sous le signe de sommation, ainsi que celle qui est facteur de B_0, soient toutes continues; puis, que les séries sous les signes de sommation soient convergentes, dans le cas de a infini, c'est-à-dire lorsque ces séries deviennent infinies. Car lorsque les intégrales elles-mêmes sont discontinues, on ne saurait les sommer: et lorsque les intégrales sont continues, mais que la série est divergente, il ne peut y avoir un signe d'égalité entre les deux

membres de chaque équation : les séries divergentes ne représentant aucune fonction bien définie.

Quand une fois ces conditions sont remplies, il ne reste plus qu'à déterminer les intégrales

$$\int_p^q \varphi(x)\,dx, \ldots (c) \quad \int_p^q \varphi(x)\,Sin\,ux\,dx, \ldots (d) \quad \int_p^q \varphi(x)\,Cos\,ux\,dx; \ldots (e)$$

de sorte qu'il faudra choisir la fonction $\varphi(x)$ et les limites p et q telles que cette intégration soit possible. Dès lors on peut encore étendre cette méthode.

3. Prenons une seconde fonction, que l'on puisse développer suivant les sinus ou les cosinus des multiples du produit tx; exprimons-la par une sommation par rapport à l'indice m, on aura

$$f_3(x) = \sum_1^c C_m\,Sin\,mtx, \ldots (f) \quad f_4(x) = D_0 + \sum_1^c D_m\,Cos\,mtx; \ldots (g)$$

où le coefficient D_0 n'est pas pris sous le signe de sommation, par la même raison qui, au N°. 2, s'appliquait au coefficient B_0.

Maintenant dans les théorèmes (A) et (B) l'on n'a qu'à remplacer $\varphi(x)$ par $\varphi(x)\,f_3(x)$ ou par $\varphi(x)\,f_4(x)$: puis il faut réduire les produits des sinus et des cosinus à une somme ou à une différence d'autres fonctions goniométriques, de telle sorte que l'on revienne toujours aux mêmes intégrales (c), (d), (e) ; c'est ainsi que l'on trouve les théorèmes suivants.

$$\int_p^q \varphi(x)\,f_1(x)\,f_3(x)\,dx = \sum_1^a A_n \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x)\,Sin\,nsx.\,Sin\,mtx\,dx =$$
$$= \frac{1}{2}\sum_1^a A_n \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x)dx\left[Cos\left\{(ns-mt)x\right\} - Cos\left\{(ns+mt)x\right\}\right], \quad (C)$$

$$\int_p^q \varphi(x)\,f_1(x)\,f_4(x)\,dx = D_0 \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\,Sin\,nsx\,dx +$$
$$+ \sum_1^a A_n \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x)Sin\,nsx.Cos\,mtx\,dx = D_0 \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)Sin\,nsx\,dx +$$
$$+ \frac{1}{2}\sum_1^a A_n \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x)dx\left[Sin\left\{(ns+mt)x\right\} + Sin\left\{(ns-mt)x\right\}\right], \quad (D)$$

$$\int_p^q \varphi(x) f_2(x) f_3(x)\, dx = B_0 \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, mtx\, dx +$$

$$+ \sum_1^a B_n \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x) Cos\, nsx . Sin\, mtx\, dx = B_0 \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x) Sin\, mtx\, dx +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_1^a B_n \sum_1^c C_m \int_p^q \varphi(x)\, dx [Sin\{(ns+mt)x\} - Sin\{(ns-mt)x\}], \quad (E)$$

$$\int_p^q \varphi(x) f_2(x) f_4(x)\, dx = B_0 D_0 \int_p^q \varphi(x) dx + B_0 \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x) Cos\, mtx\, dx +$$

$$+ D_0 \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x) Cos\, nsx\, dx + \sum_1^a B_n \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x) Cos\, nsx . Cos\, mtx\, dx =$$

$$= B_0 D_0 \int_p^q \varphi(x)\, dx + B_0 \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x) Cos\, mtx\, dx + D_0 \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x) Cos\, nsx\, dx +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_1^a B_n \sum_1^c D_m \int_p^q \varphi(x)\, dx [Cos\{(ns+mt)x\} + Cos\{(ns-mt)x\}]. \quad (F)$$

Ces quatre théorèmes exigent les mêmes conditions que les précédents (A) et (B). Ils donnent lieu à quelques remarques.

4. Dès que la fonction $\varphi(x)$ est de telle nature que l'intégrale (c) n'est qu'un cas particulier de l'autre (e) pour u zéro, et que B_0 et D_0 se déduisent de B_n et D_m pour n et m zéro, l'on peut simplifier les résultats, en admettant le terme détaché sous la sommation, pourvu qu'on commence celle-ci pour n ou m zéro, au lieu de l'unité. Lorsque de plus, en pareil cas, la valeur de l'intégrale (d) s'annule pour u zéro, on peut en faire de même relativement aux sommations qui en dépendent pour cause de symétrie.

En outre, cette propriété de la fonction $\varphi(x)$ donne lieu à une autre quant aux seconds membres de nos théorèmes. Car alors, dans le cas où la différence $ns - mt$ s'annule, on peut garder ce terme sous le signe de sommation, sans altérer le résultat. Il en est de même pour $ns - mt$ négatif: aussi longtemps que les intégrales (d) et (e) conservent leur valeur pour un u négatif.

Mais si au contraire la valeur de ces intégrales (d) et (e) change pour un u négatif, ou si l'intégrale (c), pour $ns - mt$ zéro, n'est plus un cas particulier de l'autre (e), nos théorèmes

changent de forme. Dorénavant il faut beaucoup de précautions quant aux intégrales qui ont un facteur $Sin\,\{(ns-mt)\,x\}$ ou $Cos\,\{(ns-mt)\,x\}$: et d'abord il faut partager ces intégrales sous le signe de sommation en deux groupes, selon que $ns-mt$ est positif ou négatif, ou bien qu'il s'annule. En général sx et tx sont des multiples simples de x : après leur substitution le signe de $(ns-mt)\,x$ dépendra d'une relation simple entre les indices n et m : il faudra en tenir compte à l'égard des limites a et c de la sommation par rapport à ces indices n et m. Mais ce partage des séries doubles qui résultent de la multiplication des séries f entre elles, offrira des difficultés particulières.

Quand, en premier lieu, cette série double est finie, la séparation des deux parties se fait suivant une série de termes diagonaux, pour ainsi dire, qui alors en même temps donnent lieu à d'autres valeurs propres; l'une des moitiés de la série répond au signe positif de la différence $ns-mt$, l'autre moitié au signe négatif. De plus, lorsqu'on n'a pas l'égalité absolue de s et t, ces termes diagonaux ne se trouvent pas dans chaque série partielle horizontale, ou dans chaque série partielle verticale. De sorte qu'il faut user ici de beaucoup de circonspection, et même ordinairement on ne pourra pas exprimer le résultat par une même formule générale. Ce qui vient d'être remarqué par rapport à une série double finie, s'applique encore à plus forte raison à une série infinie dans l'une des directions, ou dans les deux directions (pour $a=\infty$, $c=\infty$).

Ainsi cette série se trouve dans le même cas qu'une intégrale double, où la fonction à intégrer devient discontinue entre les limites de l'intégration et où, par suite, il n'est pas permis d'intervertir l'ordre des intégrations, comme on le fait généralement. Si pourtant on se décide à cette interversion, afin de pouvoir trouver la valeur de l'intégrale, il devient nécessaire d'ajouter une correction, dont la forme est connue. De même ici, dans la sommation de la série, il faut prendre des précautions analogues.

5. Toutes ces difficultés s'accroissent, dès que l'on passe à l'application pour des formes particulières d'une des fonctions $f(x)$,

et il devient plus utile, sinon nécessaire, de séparer la méthode en ses deux parties consécutives. Il est vrai que de la sorte on ne peut se passer des mesures de précaution, mais maintenant il sera beaucoup plus facile de les introduire.

De la même manière que l'on a déduit au N°. 3 les théorèmes (C) à (F), on aura ici

$$\int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux . f_1(x)\, dx = \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux .\, Sin\, nsx\, dx =$$

$$= \frac{1}{2} \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\, dx\, [Cos\{(ns-u)x\} - Cos\{(ns+u)x\}], \quad . \text{(G)}$$

$$\int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux . f_1(x)\, dx = \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux .\, Sin\, nsx\, dx =$$

$$= \frac{1}{2} \sum_1^a A_n \int_p^q \varphi(x)\, dx\, [Sin\{(ns+u)x\} + Sin\{(ns-u)x\}], \quad . \text{(H)}$$

$$\int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux .\, f_2(x)\, dx = B_0 \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux\, dx +$$

$$+ \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux .\, Cos\, nsx\, dx = B_0 \int_p^q \varphi(x)\, Sin\, ux\, dx +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x)\, dx\, [Sin\{(ns+u)x\} - Sin\{(ns-u)x\}], \quad . . \text{(I)}$$

$$\int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux .\, f_2(x)\, dx = B_0 \int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux\, dx +$$

$$+ \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux .\, Cos\, nsx\, dx = B_0 \int_p^q \varphi(x)\, Cos\, ux\, dx +$$

$$+ \frac{1}{2} \sum_1^a B_n \int_p^q \varphi(x)\, dx\, [Cos\{(ns+u)x\} + Cos\{(ns-u)x\}] \quad . . \text{(K)}$$

Dans ces formules toutes les intégrales du second membre dépendent, comme toujours, des intégrales (c), (d), (e).

On peut employer ces théorèmes au lieu des précédents (A) et (B). Ici l'on a introduit le facteur $Sin\, ux$ et $Cos\, ux$, afin que plus tard, en employant le facteur $f_3(x)$ ou $f_4(x)$, on n'ait qu'à sommer ces $Sin\, ux$ et $Cos\, ux$ pour obtenir des théorèmes analo-

gues aux théorèmes (C) à (F). Toutefois il est évident que, dans le cas où $\varphi(x)$ contient déjà un facteur de cette nature, il n'est plus besoin d'en introduire; alors les théorèmes (A) et (B) sont suffisants; leurs seconds membres acquièrent dès lors la forme des premiers membres de ces formules (G) à (K).

Il s'agit maintenant d'écrire ces formules pour quelque valeur spéciale convenable de la fonction $\varphi(x)$, de calculer les intégrales du second membre, et de développer les sommations, autant qu'il est possible. De la sorte on obtient autant d'intégrales définies qui sont rendues propres à notre but. Lorsqu'on y écrit mt pour u, qu'on les multiplie respectivement par C_m et par D_m, — ici il ne faut pas oublier le terme détaché à coefficient D_0, — et qu'on en prend la sommation par rapport à l'indice m, les premiers membres sont devenus les mêmes, comme on vient de le remarquer, que ceux des théorèmes (C) à (K): mais on a séparé les réductions aux seconds membres en deux opérations consécutives, et c'était justement ce que nous voulions faire.

6. Maintenant il faut faire le choix de la fonction $\varphi(x)$, afin que les intégrales (c), (d), (e), soient connues entre les limites p et q. Soit $p = 0$, $q = \infty$, et prenons $\varphi(x)$ tel que, outre un facteur $Sin\, nsx$ ou $Cos\, nsx$, il s'y trouve encore un facteur $\frac{q}{q^2 - x^2}$ ou $\frac{x}{q^2 - x^2}$. Alors on trouve dans mes Nouvelles Tables d'Intégrales Définies, Table 17, N°. 1, et Table 161, N°. 5, 4, 6 et 3, les intégrales suivantes

$$\int_0^\infty \frac{q\,dx}{q^2 - x^2} = 0, \ldots (h) \quad \int_0^\infty \frac{q\, Cos\, nsx}{q^2 - x^2}\, dx = \frac{\pi}{2}\, Sin\, nqs, \ldots (i)$$

$$\int_0^\infty \frac{x\, Sin\, nsx}{q^2 - x^2}\, dx = -\frac{\pi}{2}\, Cos\, nqs, \ldots\ldots\ldots\ldots (k)$$

$$\int_0^\infty \frac{x\, Cos\, nsx}{q^2 - x^2}\, dx = Cos\, nqs.\, Ci\,(nqs) + Sin\, nqs.\, Si\,(nqs), \quad (l)$$

$$\int_0^\infty \frac{q\, Sin\, nsx}{q^2 - x^2}\, dx = Sin\, nqs.\, Ci\,(nqs) - Cos\, nqs.\, Si\,(nqs); \quad (m)$$

où les fonctions $Ci(y) = -\int_y^\infty \frac{Cos\, x}{x}\, dx$ et $Si(y) = \int_0^y \frac{Sin\, x}{x}\, dx$ sont les Sinus-intégral et Cosinus-intégral, que l'on connaît.

Quand on fait usage des relations goniométriques connues pour changer un produit de sinus et de cosinus en une somme ou une différence de ces fonctions, il vient

$$\int_0^\infty Sin\, px . Sin\, nsx \frac{q dx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . Sin\, nqs\ [p > ns],$$

$$= -\frac{\pi}{2} Sin\, pq . Cos\, nqs\ [p < ns], = -\frac{\pi}{4} Sin\, 2\, pq [p = ns]\ ; \ldots (n)$$

$$\int_0^\infty Sin\, px . Cos\, nsx \frac{x dx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . Cos\, nqs\ [p > ns],$$

$$= \frac{\pi}{2} Sin\, pq . Sin\, nqs\ [p < ns], = -\frac{\pi}{4} Cos\, 2\, pq\ [p = ns]\ ; \ldots (o)$$

$$\int_0^\infty Cos\, px . Sin\, nsx \frac{x dx}{q^2 - x^2} = \frac{\pi}{2} Sin\, pq . Sin\, nqs\ [p > ns],$$

$$= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . Cos\, nqs\ [p < ns], = -\frac{\pi}{4} Cos\, 2\, pq\ [p = ns]; \ldots (p)$$

$$\int_0^\infty Cos\, px . Cos\, nsx \frac{q dx}{q^2 - x^2} = \frac{\pi}{2} Sin\, pq . Cos\, nqs\ [p > ns],$$

$$= \frac{\pi}{2} Cos\, pq . Sin\, nqs\ [p < ns], = \frac{\pi}{4} Sin\, 2\, pq\ [p = ns]; \ldots (q)$$

$$\int_0^\infty Sin\, px . Sin\, nsx \frac{x dx}{q^2 - x^2} = \frac{1}{2} Sin\, pq . [Sin\, nqs . \{ Ci\ [(ns + p)\, q] +$$
$$+ Ci\ [(ns - p)\, q] \} - Cos\, nqs . \{ Si [(ns + p)\, q] + Si [(ns - p) q] \}] -$$
$$- \frac{1}{2} Cos\, pq . [Cos\, nqs . \{ Ci\ [(ns + p)\, q] - Ci\ [(ns - p)\, q] \} +$$
$$+ Sin\, nqs . \{ Si\ [(ns + p)\, q] - Si\ [(ns - p)\, q] \}], \ldots\ldots\ldots (r)$$

$$\int_0^\infty Sin\, px . Cos\, nsx \frac{q dx}{q^2 - x^2} = \frac{1}{2} Sin\, pq . [Sin\, nqs . \{ Si\ [(ns + p)\, q] +$$
$$+ Si\ [(ns - p)\, q] \} + Cos\, nqs . \{ Ci [(ns + p)\, q] + Ci [(ns - p)\, q] \}] +$$
$$+ \frac{1}{2} Cos\, pq . [- Cos\, nqs . \{ Si\ [(ns + p)\, q)] - Si\ [(ns - p)\, q] \} +$$
$$+ Sin\, nqs . \{ Ci\ [(ns + p)\, q] - Ci\ [(ns - p)\, q] \}], \ldots\ldots\ldots (s)$$

$$\int_0^\infty Cos\,px.Sin\,nsx\frac{qdx}{q^2-x^2}=\frac{1}{2}Sin\,pq.[Sin\,nqs.\{Si\,[(ns+p)\,q]-$$
$$-Si\,[(ns-p)\,q]\}+Cos\,nqs.\{Ci[(ns+p)\,q]+Ci\,[(ns-p)q]\}]+$$
$$+\frac{1}{2}Cos\,pq.\,[-Cos\,nqs.\{Si\,[(ns+p)\,q]+Si\,[(ns-p)\,q]\}+$$
$$+Sin\,nqs.\{Ci\,[(ns+p)\,q]-Ci\,[(ns-p)\,q]\}],\ldots\ldots\ldots(t)$$

$$\int_0^\infty Cos\,px.Cos\,nsx\frac{xdx}{q^2-x^2}=\frac{1}{2}Sin\,pq.\,[Sin\,nqs.\{Ci[(ns+p)\,q]-$$
$$-Ci\,[(ns-p)\,q]\}-Cos\,nqs.\{Si\,[(ns+p)\,q]-Si\,[(ns-p)\,q]\}]+$$
$$+\frac{1}{2}Cos\,pq.\,[Cos\,nqs.\{Ci\,[(ns+p)\,q]+Ci\,[(ns-p)\,q]\}+$$
$$+Sin\,nqs.\{Si\,[(ns+p)\,q]+Si\,[(ns-p)\,q]\}]\ldots\ldots\ldots(u)$$

Dans les quatre premières formules, le signe de $ns-p$ a eu une grande influence sur les valeurs des intégrales. Il n'en est pas ainsi des quatre dernières. Par contre, celles-ci sont bien moins développées. Mais ici il faut prendre des mesures de précaution pour éviter des cas de discontinuité : il ne peut pas y en avoir pour le Sinus-intégral, puisque $Si\,(0)=0$: mais pour le Cosinus-intégral on a $Ci\,(0)=\infty$.

Donc, pour éviter ce cas, il faut et il suffit que $ns-p$ diffère de zéro, ou que, n étant toujours quelque nombre entier, $\frac{p}{s}$ ne soit pas un nombre entier. Cette supposition devra donc toujours être prise en considération dans la suite.

Maintenant, au moyen des intégrales (m), de (i) et (h), de (k) et (l), les théorèmes (A) et (B) nous donnent

$$\int_0^\infty f_1\,(x)\frac{qdx}{q^2-x^2}=\sum_1^a A_n\,[Sin\,nqs.\,Ci\,(nqs)-Cos\,nqs.\,Si\,(nqs)],.\,(I)$$

$$\int_0^\infty f_2\,(x)\frac{qdx}{q^2-x^2}=\frac{\pi}{2}\sum_1^a B_n\,Sin\,nqs=\frac{\pi}{2}f_1\,(q),\ldots\ldots\ldots(II)$$

$$\int_0^\infty f_1\,(x)\frac{xdx}{q^2-x^2}=-\frac{\pi}{2}\sum_1^a A_n\,Cos\,nqs=-\frac{\pi}{2}\{f_2\,(q)-A_0\},\,(III)$$

$$\int_0^\infty f_2\,(x)\frac{xdx}{q^2-x^2}=\infty\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(IV)$$

On voit que la dernière intégrale est discontinue, à cause de l'intégrale

$$B_0 \int_0^\infty \frac{xdx}{q^2 - x^2} = B_0 . \frac{1}{2} l \left(q^2 - x^2\right) \Big\{_0^\infty =$$
$$= -\frac{1}{2} B_0 \left\{\infty - lq^2\right\} = -\infty .$$

On peut y remédier en faisant usage de la fonction

$$f'_2 (x) = \sum_1^a B_n \, Cos \, nsx. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (v)$$

au lieu de $f_2 (x)$ dans (b). On pourrait prendre ici

$$f_2 (x) - B_0 = \sum_1^a B_n \, Cos \, nsx,$$

et l'on trouve

$$\int_0^\infty f'_2 (x) \frac{xdx}{q^2 - x^2} = \sum_1^a B_n \left[Cos \, nqs . Ci(nqs) - Sin \, nqs . Si(nqs)\right] . (IVa)$$

7. Mais la même fonction $\varphi (x)$ peut servir pour les théorèmes (G) à (K), où l'on change le u en p: dans les réductions on n'a plus besoin de l'intégrale (h), mais seulement des suivantes (i) à (u). Quant au signe de $ns - p$, il a influence pour les intégrales (n) à (q); ce n'est pas le cas dans les suivantes (r) à (u).

Aussi longtemps que $p > as$, la plus grande valeur de n, qui est $n = a$, ne peut rendre $p - ns$ négatif, et il faut employer les premières valeurs des intégrales (n) à (q). Quand on a $p = as$, ce qui vient d'être dit est encore vrai pour toute la sommation, de $n = 1$ à $n = a - 1$: mais pour le dernier terme de la sommation, pour $n = a$, on a $p - ns = 0$, et par suite il faut prendre pour ce terme la troisième valeur des intégrales. Quand enfin on a $p < as$, il y aura une certaine valeur d de n (où l'on a $1 < d < a$), telle que $p - ds$ soit encore positif, mais que pour le n suivant, $n = d + 1$, on ait $p - (d + 1) s$ négatif. Dès lors, pour la première sommation, de $n = 1$ à $n = d$, il faut employer la première valeur des intégrales, mais de $n = d + 1$ à $n = a$ il faut au contraire en prendre la deuxième. Il peut y avoir encore un cas d'exception, c'est lorsque p est égal à ds. Dans ce cas il faut diviser la sommation en trois parties distinctes: la

première, une sommation de $n = 1$ à $n = d - 1$, avec la première valeur des intégrales; ensuite un terme détaché pour $n = d$ suivant la troisième valeur; et enfin une seconde sommation, de $n = d + 1$ à $n = a$, avec la deuxième valeur des intégrales.

Ici d est le plus grand nombre entier qui soit contenu dans la fraction $\frac{p}{s}$; l'on se sert de la notation connue $d = \mathcal{E}\frac{p}{s}$; et la différence des deux cas consiste dans la condition, que la première fois $\frac{p}{s}$ était fractionnaire, c'est-à-dire $dp < s < (d+1)p$; tandis que la seconde fois on avait $dp = s < (d+1)p$ et $\frac{p}{s}$ était entier. On écrit ces conditions ainsi : $d = \mathcal{E}\frac{p}{s}$ fraction et $d = \mathcal{E}\frac{p}{s}$ entier; les mots fraction et entier ne regardant que la fraction $\frac{p}{s}$.

Maintenant le chemin est frayé pour avoir des résultats sûrs et que l'on puisse représenter d'une manière claire et convenable. On trouvera des valeurs quelquefois différentes pour les divers cas, et plus tard on pourra introduire la fonction $f_3(x)$ ou $f_4(x)$.

8. Pour donner une idée des résultats, employons la formule (n) avec $f_1(x)$, et (o) avec $f_2(x)$, on trouve

$$\left.\begin{aligned}\int_0^\infty f_1(x) Sin\, px \frac{q dx}{q^2 - x^2} &= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a A_n Sin\, nqs = \\ &= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . f_1(q),\end{aligned}\right\} [p \geqq as], (Va)$$

$$= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^d A_n Sin\, nqs - \frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_{d+1}^a A_n Cos\, nqs, \quad \ldots\ldots (Vb)$$

$$\left.\begin{aligned}&= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a A_n Sin\, nqs + \frac{\pi}{2} \sum_{d+1}^a A_n Sin \{(ns - p)q\} = \\ &= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . f_1(q) + \sum_{d+1}^a A_n Sin \{(ns - p)q\},\end{aligned}\right\} \left[\begin{aligned} p < as, \\ d = \mathcal{E}\frac{p}{s}\end{aligned}\right], \ldots\ldots (Vc)$$

$$= -\frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_1^a A_n Cos\, nqs - \frac{\pi}{2} \sum_1^d A_n Sin \{(ns-p)q\} =$$
$$= -\frac{\pi}{2} Sin\, pq . \{f_2(q) - A_0\} - \frac{\pi}{2} \sum_1^d A_n Sin \{(ns-p)q\}; \quad \left[\begin{array}{l} p < as, \\ d = \mathcal{E}\frac{p}{s} \end{array}\right] . \text{(Vd)}$$

$$\int_0^\infty f_2(x)\, Sin\, px \frac{xdx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq -$$
$$-\frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a B_n Cos\, nqs = -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . f_2(q), \quad [p > as], \text{ . (VIa)}$$

$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{4} B_a Cos\, 2pq - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^{a-1} B_n Cos\, nqs = \quad \text{. . . (VIb)}$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq + \frac{\pi}{4} B_a - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a B_n Cos\, nqs = \quad [p = as],$$
$$= -\frac{\pi}{2} f_2(q) + \frac{\pi}{4} B_a, \quad \text{. . . (VIc)}$$

$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a B_n Cos\, nqs + \frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_{d+1}^a B_n Sin\, nqs, \quad \text{. . . . . (VId)}$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a B_n Cos\, nqs + \frac{\pi}{2} \sum_{d+1}^a B_n Cos \{(ns-p)q\} =$$
$$= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . f_2(q) + \frac{\pi}{2} \sum_{d+1}^a B_n Cos \{(ns-p)q\}, \quad \left[\begin{array}{l} p > as, \\ d = \mathcal{E}\frac{p}{s} \\ \text{fraction} \end{array}\right] \text{(VIe)}$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq + \frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_1^d B_n Sin\, nqs - \frac{\pi}{2} \sum_1^a B_n Cos \{(ns-p)q\} =$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq + \frac{\pi}{2} Sin\, pq . f_1(q) - \frac{\pi}{2} \sum_1^d B_n Cos \{(ns-p)q\}, \quad \text{. . . . . (VIf)}$$

$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^{d-1} B_n Cos\, nqs - \frac{\pi}{4} B_d Cos\, 2pq +$$
$$+ \frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_{d+1}^a B_n Sin\, nqs, \quad \text{. . . . . (VIg)}$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq + \frac{\pi}{4} B_d - \frac{\pi}{2} Cos\, pq . \sum_1^a B_n Cos\, nqs + \frac{\pi}{2} \sum_{d+1}^a B_n Cos \{(ns-p)q\} =$$
$$= -\frac{\pi}{2} Cos\, pq . f_2(q) + \frac{\pi}{4} B_d + \frac{\pi}{2} \sum_{d+1}^a B_n Cos \{(ns-p)q\}, \quad \left[\begin{array}{l} p > as, \\ d = \mathcal{E}\frac{p}{s} \\ \text{entier} \end{array}\right] \text{(VIh)}$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{4} B_d + \frac{\pi}{2} Sin\, pq . \sum_1^a B_n Sin\, nqs - \frac{\pi}{2} \sum_1^{d-1} B_n Cos \{(ns-p)q\} =$$
$$= -\frac{\pi}{2} B_0 Cos\, pq - \frac{\pi}{4} B_d + \frac{\pi}{2} Sin\, pq . f_1(q) - \frac{\pi}{2} \sum_1^{d-1} B_n Cos \{(ns-p)q\}. \quad \text{. . . . . (VIi)}$$

Avant d'aller plus loin, quelques remarques.

En premier lieu, la troisième valeur de (n) est contenue dans les deux premières valeurs comme valeur limite, puisqu'on a

$$-\frac{\pi}{2}\,Sin\,nqs.\,Cos\,nqs = -\frac{\pi}{4}\,Sin\,2\,nqs = -\frac{\pi}{4}\,Sin\,2\,pq.$$

Ainsi dans les formules (Va) à (Vd) il n'y avait pas lieu de distinguer entre les cas de $p > as$ et de $p = as$, ou bien de $\frac{p}{s}$ fraction ou entier. Au contraire, cela était bien nécessaire pour l'intégrale suivante, puisque dans (p) la troisième valeur ne se déduit pas des deux premières. Dès lors il devait y avoir différence entre (VIa) et (VIb), entre (VId) à (VIf) et (VIg) à (VIi). Quelquefois il y avait lieu de réduire la sommation à la fonction $f_1(q)$ ou $f_2(q)$: on en a profité, sans faire de distinction en ce cas entre les coefficients A_n et B_n. Enfin, puisqu'on a toujours

$$\sum_{d+1}^{a} = \sum_{0}^{a} - \sum_{1}^{d},$$

l'on a donné le résultat tant par la première sommation que par la dernière; afin d'en laisser le choix, suivant que $a - d$ est ou non plus petit que d, c'est-à-dire que a est ou non plus petit que $2d$.

9. Pour l'application de ces formules, qui forment le premier pas dans notre méthode, il est nécessaire de choisir des fonctions $f_1(x)$ qui fournissent des coefficients A_n et B_n propres à donner au second membre des expressions assez simples; s'il est possible, de telle manière que la sommation de 1 à d, et de $d+1$ à a soit facile à exprimer.

Prenons à cet effet

$$f_1(x) = \frac{r\,Sin\,sx}{1 - 2r\,Cos\,sx + r^2} = \sum_{1}^{\infty} r^n\,Sin\,nsx,$$

$$f_2(x) = \frac{1 - r^2}{1 - 2r\,Cos\,sx + r^2} = 1 + 2\sum_{1}^{\infty} r^n\,Cos\,nsx,$$

$$f_2(x) = \frac{(1 - r^2)\,r\,Cos\,sx}{1 - 2r\,Cos\,sx + r^2} = r^2 + (1 + r^2)\sum_{1}^{\infty} r^n\,Cos\,nsx;\ (w)$$

puisqu'on a en même temps

$$\sum_0^\infty r^n \, Cos\, nqs = \frac{1 - r\, Cos\, qs}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2}, \quad \sum_1^\infty r^n \, Cos\, nqs = \frac{r\,(Cos\, qs - r)}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2},$$

$$\sum_1^k r^n \, Sin\, nqs = \frac{r\, Sin\, qs - r^k\, Sin\, kqs + r^{k+1}\, Sin\, \{(k-1)\, qs\}}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2},$$

$$\sum_1^k r^n \, Cos\, nqs = \frac{r\, Cos\, qs - r^2 - r^k\, Cos\, kqs + r^{k+1}\, Cos\, \{(k-1)\, qs\}}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2},$$

$$\sum_k^\infty r^n \, Sin\, nqs = r^k \, \frac{Sin\, kqs - r\, Sin\, \{(k-1)\, qs\}}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2},$$

$$\sum_k^\infty r^n \, Cos\, nqs = r^k \, \frac{Cos\, kqs - r\, Cos\, \{(k-1)\, qs\}}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2}; \quad \ldots\ldots \quad (x)$$

qui valent pour $-1 < r < 1$. Comme a est infini, on a toujours $p < cs$; ainsi les cas de $p < cs$ ou $p = cs$ ne sauraient se présenter ici.

Substituons la fonction f_1 dans les équations (I) et (III), la fonction f_2 dans (II), et la deuxième des relations (x) dans (IVa), il vient

$$\int_0^\infty \frac{Sin\, sx}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2} \, \frac{q dx}{q^2 - x^2} = \sum_1^\infty r^n \, [Sin\, nqs.\, Ci\, (nqs) -$$

$$- Cos\, nqs.\, Si\, (nqs)] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\int_0^\infty \frac{1 - r^2}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2} \, \frac{q dx}{q^2 - x^2} = \pi \sum_1^\infty r^n \, Sin\, nqs =$$

$$= \frac{\pi\, r\, Sin\, qs}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\int_0^\infty \frac{(1 - r^2)\, r\, Cos\, sx}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2} \, \frac{q dx}{q^2 - x^2} = \frac{\pi}{2}\, (1 + r^2) \sum_1^\infty r^n \, Sin\, nqs =$$

$$= \frac{\pi}{2} \, \frac{(1 + r^2)\, r\, Sin\, qs}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$\int_0^\infty \frac{r\, Sin\, sx}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2} \, \frac{x dx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2} \sum_1^\infty r^n \, Cos\, nqs =$$

$$= -\frac{\pi\, r}{2} \, \frac{Cos\, qs - r}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$\int_0^\infty \frac{r\,(Cos\,sx - r)}{1 - 2\,r\,Cos\,sx + r^2}\;\frac{xdx}{q^2 - x^2} = \sum_1^\infty r^n\,[Cos\,nqs.\;Ci\,(nqs) +$$

$$+\;Sin\,nqs.\;Si\,(nqs)] \;\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Ici, pour les intégrales suivantes, il est à préférer de ne faire usage dans les cas particuliers que des formes non réduites, puisque dans les réductions (x) se trouvent toutes les sommations dont on a besoin. De cette manière les théorèmes (VIb), (VIa) et (VIg) nous donnent :

$$\int_0^\infty \frac{r\,Sin\,sx.\,Sin\,px}{1 - 2r\,Cos\,sx + r^2}\;\frac{qdx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2}\,Cos\,pq.\sum_1^d r^n\,Sin\,nqs -$$

$$-\frac{\pi}{2}\,Sin\,pq.\sum_{d+1}^\infty r^n\,Cos\,nqs = -\frac{\pi}{2}\,Cos\,pq\;\frac{r\,Sin\,qs - r^{d+1}\,Sin\,\{(d+1)qs\} +}{1 - 2r\,Cos\,qs +}$$

$$\frac{+\,r^{d+2}\,Sin\,qs}{+\,r^2} - \frac{\pi}{2}\,Sin\,pq.\,r^{d+1}\;\frac{Cos\,\{(d+1)qs\} - r\,Cos\,dqs}{1 - 2r\,Cos\,qs + r^2} =$$

$$= \frac{\pi}{2}\;\frac{-\,r\,Sin\,qs.\,Cos\,pq + r^{d+1}\;Sin\,\{(ds + s - p)\,q\} +}{1 - 2r\,Cos\,qs +}$$

$$\frac{+\,r^{d+2}\;Sin\,\{(ds - p)q\}}{+\,r^2},\;\left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s},\text{ fraction}\right] \ldots \quad (6)$$

$$= \frac{\pi}{2}\,r\,Sin\,qs\;\frac{r^d - Cos\,dqs}{1 - 2r\,Cos\,qs + r^2};\;\left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s},\text{ entier}\right] \ldots (6a)$$

$$\int_0^\infty \frac{(1 - r^2)\,Sin\,px}{1 - 2r\,Cos\,sx + r^2}\;\frac{xdx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2}\,Cos\,pq - \frac{\pi}{2}\,Cos\,pq.2\sum_1^d r^n\,Cos\,nqs +$$

$$+\;\frac{\pi}{2}\;Sin\;pq.\;2\sum_{d+1}^\infty r^n\;Sin\;nqs = -\;\frac{\pi}{2}\;Cos\;pq\;-$$

$$-\pi\,Cos\,pq\;\frac{r\;Cos\,qs - r^2 - r^{d+1}\;Cos\,\{(d+1)\,qs\} + r^{d+2}\;Cos\,dqs}{1 - 2r\;Cos\,qs + r^2} +$$

$$+\pi\,Sin\,pq.\,r^{d+1}\;\frac{Sin\,\{(d+1)qs\} - r\,Sin\,dqs}{1 - 2r\,Cos\,qs + r^2} = \pi\;\frac{-\frac{1}{2}(1 - r^2)\,Cos\,pq +}{1 - 2r\,Cos\,qs +}$$

$$\frac{+\,r^{d+1}\,Cos\,\{(ds + s - p)q\} - r^{d+2}\,Cos\,\{(ds - p)q\}}{+\,r^2},\;\left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s},\text{ fraction}\right] (7)$$

$$= -\frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq - \frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq.\ 2 \sum_{1}^{d-1} r^n \operatorname{Cos} nqs - \frac{\pi}{2} r^d \operatorname{Cos} 2pq +$$

$$+ \frac{\pi}{2} \operatorname{Sin} pq.\ 2 \sum_{d+1}^{\infty} r^n \operatorname{Sin} nqs = -\frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq +$$

$$+ \pi \operatorname{Cos} pq \frac{r \operatorname{Cos} qs - r^2 - r^d \operatorname{Cos} dqs + r^{d+1} \operatorname{Cos} \{(d-1) qs\}}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} -$$

$$- \frac{\pi}{2} r^d \operatorname{Cos} 2pq + \pi \operatorname{Sin} pq.\ r^{d+1} \frac{\operatorname{Sin} \{(d+1) qs\} - r \operatorname{Sin} dqs}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} =$$

$$= \frac{\pi}{2} \frac{(1-r^2)(r^d - \operatorname{Cos} pq)}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2}; \left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s}, \text{ entier}\right] \ldots\ldots \quad (7a)$$

$$\int_0^\infty \frac{r(1-r^2) \operatorname{Cos} sx. \operatorname{Sin} px}{1 - 2r \operatorname{Cos} sx + r^2} \frac{xdx}{q^2 - x^2} = -\frac{\pi}{2} r^2 \operatorname{Cos} pq -$$

$$-\frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq.(1+r^2) \sum_{1}^{d} r^n \operatorname{Cos} nqs + \frac{\pi}{2} \operatorname{Sin} pq.(1+r^2) \sum_{d+1}^{\infty} r^n \operatorname{Sin} nqs = -\frac{\pi}{2} r^2 \operatorname{Cos} pq -$$

$$-\frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq.(1+r^2) \frac{r \operatorname{Cos} qs - r^2 - r^{d+1} \operatorname{Cos} \{(d+1) qs\} + r^{d+2} \operatorname{Cos} dqs}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} +$$

$$+ \frac{\pi}{2} \operatorname{Sin} pq.\ (1+r^2) r^{d+1} \frac{\operatorname{Sin} \{(d+1) qs\} - r \operatorname{Sin} dqs}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} =$$

$$= \frac{\pi}{2} \frac{-(1-r^2) r \operatorname{Cos} pq. \operatorname{Cos} qs + (1+r^2) r^{d+1} \operatorname{Cos} \{(ds+s-p) q\} -}{1 -}$$

$$\frac{-(1+r^2) r^{d+2} \operatorname{Cos} \{(ds-p) q\}}{-2r \operatorname{Cos} qs + r^2}, \left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s}, \text{ fraction}\right], \ldots \quad (8)$$

$$= -\frac{\pi}{2} r^2 \operatorname{Cos} pq - \frac{\pi}{2} \operatorname{Cos} pq.\ (1+r^2) \sum_{1}^{d-1} r^n \operatorname{Cos} nqs - \frac{\pi}{4} (1+$$

$$+ r^2) r^d \operatorname{Cos} 2pq + \frac{\pi}{2} \operatorname{Sin} pq.\ (1+r^2) \sum_{d+1}^{\infty} r^n \operatorname{Sin} nqs = -\frac{\pi}{2} r^2 \operatorname{Cos} pq -$$

$$-\frac{\pi}{2}(1+r^2) \operatorname{Cos} pq \frac{r \operatorname{Cos} qs - r^2 - r^d \operatorname{Cos} dqs + r^{d+1} \operatorname{Cos} \{(d-1) qs\}}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} -$$

$$-\frac{\pi}{4}(1+r^2) r^d \operatorname{Cos} 2pq + \frac{\pi}{2}(1+r^2) \operatorname{Sin} pq.r^{d+1} \frac{\operatorname{Sin} \{(d+1) qs\} - r \operatorname{Sin} dqs}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2} =$$

$$= \frac{\pi}{2} r(1-r^2) \frac{-\operatorname{Cos} pq. \operatorname{Cos} qs + \frac{1}{2} r^{d-1}(1+r^2)}{1 - 2r \operatorname{Cos} qs + r^2}, \left[d = \mathcal{E}\frac{p}{s}, \text{ entier}\right]; (8_a)$$

10. Maintenant on peut employer ces intégrales pour déduire un nouveau système de formules de réduction générales, au moyen des formules (f) et (g) du N°. 3. Car, lorsque dans les intégrales (6), (7) en (8) on fait $p = mt$, il se trouve sous le signe d'intégration le facteur $\sin mtx$, de sorte qu'elles peuvent servir pour le développement (f). Multiplions par C_m et sommons par rapport à m de $m = 1$ à $m = c$; comme dans ces intégrales on a calculé toutes les sommations, de telle manière qu'il n'y eût plus de n, on pourra changer ici le m en n. Mais il y a quelques particularités à observer :

1°. Aussi longtemps que la plus grande valeur de p, qui naturellement est ici ct, reste moindre que s, on a d zéro, puisque ce d est par hypothèse le plus grand nombre entier contenu dans la fraction $\frac{p}{s}$: de sorte qu'il faut employer les valeurs (7) et (8), à l'exclusion de (7a) et (8a).

2°. Quand la plus grande valeur de p, c'est-à-dire ct, devient égale à s, alors ce qui vient d'être remarqué s'applique à la sommation de $n = 1$ jusqu'à $n = c - 1$: mais pour $n = c$, on obtient le terme correspondant à $d = 1$, de facon qu'ici pour le terme détaché il faut employer non les valeurs (7) et (8), mais les valeurs (7a) et (8a).

3°. Soit ct plus grand que s, mais plus petit que $2s$, $s < ct < 2s$; il se peut que s soit un multiple de t, ou non. En premier lieu, supposons que s se trouve entre deux multiples consécutifs de t, c'est-à-dire, $kt < s < (k + 1)\,t$: alors on a premièrement la sommation du cas 1° de $n = 1$ à $n = k$, avec $d = 0$; ensuite une seconde sommation de $n = k + 1$ à $n = c$, où $d = 1$: ces sommations exigent toutes deux les valeurs (7) et (8). — En second lieu, supposons que s représente un multiple exact de t, soit $s = kt$, où k moindre que c: premièrement il vient la sommation du cas 1° de $n = 1$ à $n = k - 1$, pour $d = 0$, où il faut employer les intégrales (7) et (8) ; ensuite vient le terme détaché, auquel s'appliquent les intégrales (7a) et (8a), pour $n = k$ et $d = 1$; enfin la dernière sommation de $n = k + 1$ à $n = c$, où maintenant $d = 1$, exige de nouveau les intégrales (7) et (8).

4°. Quand ct devient égal au double de s, $ct = 2s$, il y a de nouveau à distinguer deux cas, suivant que s est ou non un multiple de t. Dans le second de ces cas, soit s situé entre deux multiples consécutifs de t, p. e. $kt < s < (k+1)t$; il faut prendre la sommation du 1° de $n = 1$ à $n = k$ pour $d = 0$, et la seconde sommation du 3° de $n = k + 1$ à $n = c - 1$; ensuite il faut ajouter un terme détaché à coefficient C_c, où $d = 2$, et où il faut employer les intégrales (7a) et (8a). — Quand au contraire s est un multiple exact de t, c'est-à-dire $s = kt$, la sommation du 1° doit se faire de $n = 1$ à $n = k - 1$; elle sera suivie d'un terme détaché, calculé d'après 2°: après cela viennent la seconde sommation de 3° de $n = k + 1$ à $n = c - 1$, et le terme détaché pour $n = c$, comme auparavant.

5°. Lorsque ct est plus grand que le double de s, mais moindre que le triple, nous avons quatre cas différents. Supposons premièrement que s ne soit pas un multiple exact de t, donc $kt < s < (k + 1)\,t$ et par suite $2\,kt < 2s < 2\,(k + 1)\,t$: ici il peut se présenter trois cas. En premier lieu soit $2\,kt < 2s < (2k+1)\,t$, ce qui comprend la première inégalité par rapport à s: on a une première sommation comme au 1° de $n = 1$ à $n = k$; une deuxième sommation comme au 3° de $n = k + 1$ à $n = 2k$: enfin une troisième sommation de $n = 2k + 1$ à $n = c$, où maintenant on a $d = 2$, et à laquelle conviennent les intégrales (7) et (8). — En second lieu soit $(2k+1)\,t < 2s < 2\,(k+1)t$, qui comprend encore la première inégalité pour s; alors aux sommations précédentes il n'y a rien à changer que les limites: la deuxième va de $n = k + 1$ à $n = 2k + 1$, la troisième de $n = 2k + 2$ à $n = c$. — En troisième lieu $2s$ peut être un multiple exact de t, et alors il faut qu'on ait $2s = (2k + 1)\,t$, à cause des limites de $2\,s$: dans ce cas la première sommation du 1° va de $n = 1$ à $n = k$; la seconde sommation du 3° va de $n = k+1$ à $n = 2k$, et est suivie d'un terme détaché pour $n = 2\,k + 1$, où $d = 2$, et où il faut employer les intégrales (7a) et (8a): enfin on a la troisième sommation de plus haut, de $n = 2\,k + 2$ à $n = c$. — En quatrième lieu il se peut que s soit un multiple exact de t, soit $s = kt$; dès lors il est

$2s = 2kt$: dans ce cas on a la sommation du 1° de $n = 1$ à $n = k - 1$, un terme détaché comme au 2° pour $n = k$ et $d = 1$ avec le coefficient C_k, une deuxième sommation du 3° de $n = k + 1$ à $n = 2k - 1$, un nouveau terme détaché comme au 4° pour $n = 2k$ et $d = 2$ avec le coefficient C_{2k}, enfin une troisième sommation comme auparavant de $n = 2k + 1$ à $n = c$; pour les sommations il faut employer les intégrales (7) et (8), pour les termes détachés, les intégrales (7*a*) et (8*a*).

6°. Dans le cas où ct devient plus grand encore, on suivra la même marche. Soit $ct = ls + s'$, où $s' < s$, il faudra diviser la sommation en $l + 1$ sommations partielles, allant chacune d'un multiple de k, — k est toujours le plus grand nombre contenu dans $\frac{s}{t}$, donc $kt < s \leqq (k + 1)t$, — au multiple suivant, c'est-à-dire de $n = \lambda k$ à $n = (\lambda + 1)k$; on y a donc $d = \lambda$. Seulement dans les cas où, pour $n = \mu k$, on a μkt égal à s ou à un multiple de s, il faut prendre le terme détaché correspondant, de telle sorte que la sommation précédente finisse par $n = \mu k - 1$: dans ce terme on a toujours $d = \mu + 1$, et il faut y employer les intégrales (7*a*) (8*a*), tandis que dans les sommations c'est toujours les intégrales (7) et (8) qui paraissent.

11. A l'aide de l'application de ces remarques on obtient par l'intégrale (6)

$$\int_0^\infty f_3(x) \frac{Sin\, sx}{1 - 2r\, Cos\, sx + r^2} \frac{q dx}{q^2 - x^2} =$$

$$= \frac{-\pi}{2(1 - 2r\, Cos\, qs + r^2)} \left[(Sin\, qs - Sin\, qs + r.0) \sum_1^c C_n\, Cos\, ntq + \right.$$

$$\left. + (Cos\, qs - r) \sum_1^c C_n Sin\, ntq \right] = \frac{\pi}{2(1 - 2r\, Cos\, qs + r^2)} (r - Cos\, qs) \sum_1^c C_n Sin\, ntq =$$

$$= \frac{\pi}{2} \frac{r - Cos\, qs}{1 - 2r\, Cos\, qs + r^2} f_3(q), \quad [ct < s],$$

$$\int_0^\infty \frac{Sin\, sx}{1-2r\, Cos\, sx+r^2}\,\frac{q dx}{q^2-x^2} =$$

$$=\frac{\pi}{2(1-2r\, Cos\, qs+r^2)}\Big[(r-Cos\, qs)\sum_1^{c-1} C_n Sin\, ntq + C_c(-Sin\, qs . Cos\, qs +$$

$$+ r\, Sin\, qs - r^2 . 0)\Big] = \frac{\pi}{2}\,\frac{r-Cos\, qs}{1-2r Cos\, qs+r^2}\Big[\sum_1^{c-1} C_n\, Sin\, ntq + C_c\, Sin\, qs\Big] =$$

$$=\frac{\pi}{2}\,\frac{r-Cos\, qs}{1-2r Cos\, qs+r^2}\sum_1^{c} C_n Sin\, ntq = \frac{\pi}{2}\,\frac{r-Cos\, qs}{1-2r Cos\, qs+r^2} f_3(q), \quad [ct=s],$$

$$=\frac{\pi}{2(1-2r\, Cos\, qs+r^2)}\Big[(r-Cos\, qs)\sum_1^{k} C_n\, Sin\, ntq - (Sin\, qs -$$

$$-r Sin 2qs + r^2 Sin\, qs)\sum_{k+1}^{c} C_n Cos\, ntq - r(Cos\, 2qs - r Cos\, qs)\sum_{k+1}^{c} C_n Sin\, ntq\Big] =$$

$$=\frac{\pi}{2(1-2r\, Cos\, qs+r^2}\Big[(r-Cos\, qs)\sum_1^{c} C_n Sin\, ntq - Sin\, qs.(1-2r Cos\, qs +$$

$$+ r^2)\sum_{k+1}^{c} C_n\, Cos\, ntq + Cos\, qs.\,(1-2r\, Cos\, qs + r^2)\sum_{k+1}^{c} C_n\, Sin\, ntq\Big] =$$

$$=\frac{\pi}{2(1-2r\, Cos\, qs+r^2)}\Big[(r-Cos\, qs)\, f_3(q) + (1-2r\, Cos\, qs +$$

$$+ r^2)\sum_{k+1}^{c} C_n\, Sin\,\{(nt-s)\, q\}\Big] = \frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\, qs}{1-2r\, Cos\, qs+r^2} f_3(q) +$$

$$+\sum_{k+1}^{c} C_n\, Sin\,\{(nt-s)\, q\}\Big] \qquad [s<ct<2s,\ kt<s<(k+1)\, t],$$

$$=\frac{\pi}{2(1-2r Cos\, qs+r^2)}\Big[(r-Cos\, qs)\sum_1^{k-1} C_n Sin\, ntq + C_k(-Sin\, qs . Cos\, qs +$$

$$+ r Sin\, qs - r^2 . 0) - (Sin\, qs - r Sin 2qs + r^2 Sin\, qs)\sum_{k+1}^{c} C_n Cos\, ntq - r(Cos 2qs -$$

$$- r Cos\, qs)\sum_{k+1}^{c} C_n Sin\, ntq\Big] = \frac{\pi}{2(1-2r\, Cos\, qs+r^2)}\Big[(r-Cos\, qs)\sum_1^{c} C_n Sin\, ntq +$$

$$+ (1-2r\, Cos\, qs + r^2)\sum_{k+1}^{c} C_n\, Sin\,\{(nt-s)\, q\} + C_k . 0\Big] =$$

$$=\frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\, qs}{1-2r Cos\, qs+r^2} f_3(q) + \sum_{k+1}^{c} C_n Sin\,\{(nt-s) q\}\Big], [kt=s<ct<2s],$$

$$\int_0^\infty f_3(x)\,\frac{Sin\,sx}{1-2r\,Cos\,sx+r^2}\,\frac{q\,dx}{q^2-x^2}=$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^k C_n\,Sin\,ntq-$$

$$-(Sin\,qs-r\,Sin\,2\,qs+r^2\,Sin\,qs)\sum_{k+1}^{c-1}C_n\,Cos\,ntq-r\,(Cos\,2\,qs-$$

$$-r\,Cos\,qs)\sum_{k+1}^{c-1}C_n\,Sin\,ntq+C_c\,Sin\,qs.\,(r^2-Cos\,2\,qs)\Big]=$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^c C_n\,Sin\,ntq+(1-2r\,Cos\,qs+$$

$$+r^2)\sum_{k+1}^c C_n\,Sin\,\{(nt-s)\,q\}+C_c.\,0\Big]=\frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}f_3(q)+$$

$$+\sum_{k+1}^c C_n\,Sin\,\{(nt-s)\,q\}\Big],\qquad \Big[ct=2s,\,k=\mathcal{E}\frac{(c-1)\,t}{s}\Big],$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^k C_n\,Sin\,ntq-Sin\,qs.\,(1-$$

$$-2r\,Cos\,qs+r^2)\sum_{k+1}^{2k}C_n\,Cos\,ntq-r(Cos\,2qs-r\,Cos\,qs)\sum_{k+1}^{2k}C_n\,Sin\,ntq-$$

$$-(Sin\,qs-r^2\,Sin\,3qs+r^3\,Sin\,2qs)\sum_{2k+1}^{c}C_n\,Cos\,ntq-r^2(Cos\,3qs-$$

$$-r\,Cos\,2\,qs)\sum_{2k+1}^{c}C_n\,Sin\,ntq\Big]=$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^c C_n\,Sin\,ntq+(1-2r\,Cos\,qs+$$

$$+r^2)\sum_{k+1}^{2k}C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}-(Sin\,qs-r^2\,Sin\,3\,qs+r^3\,Sin\,qs)\sum_{2k+1}^{c}C_n\,Cos\,ntq+$$

$$+(Cos\,qs-r-r^2\,Cos\,3\,qs+r^3\,Cos\,qs)\sum_{2k+1}^{c}C_n\,Sin\,ntq\Big]=$$

$$=\frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}f_3(q)+\sum_{k+1}^{2k}C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}+$$

$$+\frac{1}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\sum_{2k+1}^{c}C_n\big[Sin\,\{(nt-s)q\}-r\,Cos\,ntq+r^2\,Sin\,\{(3s-nt)q\}+$$

$$+ r^3 \; Sin \; \{(nt - 2s) \; q\}]\Big] = \frac{\pi}{2} \Big[\frac{r - Cos \; qs}{1 - 2r \; Cos \; qs + r^2} \; f_3 \; (q) +$$

$$+ \sum_{k+1}^{2k} C_n Sin \{(nt - s) q\} + \sum_{2k+1}^{c} C_n [Sin \{(nt - s) q\} + r Sin \{(nt - 2s) q\}]\Big] =$$

$$= \frac{\pi}{2} \Big[\frac{r - Cos \; qs}{1 - 2r \; Cos \; qs + r^2} \; f_3 \; (q) + \sum_{k+1}^{c} C_n \; Sin \; \{(nt - s) \; q\} +$$

$$+ r \sum_{2k+1}^{c} C_n \; Sin \; \{(nt - 2s) \; q\}\Big], \; [2s < ct < 3s, \; 2kt < 2s < (2k+1)t],$$

$$= \frac{\pi}{2 \; (1 - 2r \; Cos \; qs + r^2)} \Big[(r - Cos \; qs) \sum_{1}^{k} C_n \; Sin \; ntq - Sin \; qs. \; (1 -$$

$$- 2r \; Cos \; qs + r^2) \sum_{k+1}^{2k+1} C_n \; Cos \; ntq - r \; (Cos \; 2 \; qs - r \; Cos \; qs) \sum_{k+1}^{2k+1} C_n \; Sin \; ntq -$$

$$- (Sin \; qs - r^2 \; Sin \; 3 \; qs + r^3 \; Sin \; 2 \; qs) \sum_{2k+1}^{c} C_n \; Cos \; ntq - r^2 \; (Cos \; 3qs -$$

$$- r \; Cos \; 2 \; qs) \sum_{2k+2}^{c} C_n \; Sin \; ntq\Big] =$$

$$= \frac{\pi}{2 \; (1 - 2r \; Cos \; qs + r^2)} \Big[(r - Cos \; qs) \; f_3 \; (q) + (1 - 2r \; Cos \; qs +$$

$$+ r^2) \Big\{ \sum_{k+1}^{2k+1} C_n \; Sin \; \{(nt - s) \; q\} + \sum_{2k+2}^{c} C_n \; [Sin \; \{(nt - s) \; q\} -$$

$$- r \; Sin \; \{(nt - 2s) \; q\}]\Big\}\Big] = \frac{\pi}{2} \Big[\frac{r - Cos \; qs}{1 - 2r \; Cos \; qs + r^2} f_3 \; (q) +$$

$$+ \sum_{k+1}^{c} C_n \; Sin \; \{(nt - s) \; q\} + r \sum_{2k+2}^{c} C_n \; Sin \; \{(nt - 2s) \; q\}\Big],$$

$$[2s < ct < 3s, \; (2k+1) \; t < 2s < 2 \; (k+1) \; t],$$

$$= \frac{\pi}{2 \; (1 - 2r \; Cos \; qs + r^2)} \Big[(r - Cos \; qs) \sum_{1}^{k} C_n \; Sin \; ntq - Sin \; qs. \; (1 -$$

$$- 2r \; Cos \; qs + r^2) \sum_{k+1}^{2k} C_n \; Cos \; ntq - r \; (Cos \; 2qs - r \; Cos \; qs) \sum_{k+1}^{2k} C_n \; Sin \; ntq +$$

$$+ C_{2k+1} Sin qs. (r^2 - Cos 2qs) - (Sin \; qs - r^2 \; Sin 3qs + r^3 \; Sin 2qs) \sum_{2k+2}^{c} C_n Cos \; ntq -$$

$$- r^2 \; (Cos \; 3 \; qs - r \; Cos \; 2 \; qs) \sum_{2k+1}^{c} C_n \; Sin \; ntq\Big] =$$

$$\int_0^\infty f_3(x)\,\frac{Sin\,sx}{1-2r\,Cos\,sx+r^2}\,\frac{q\,dx}{q^2-x^2}=$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^c C_n\,Sin\,ntq+(1-2r\,Cos\,qs+$$

$$+r^2)\sum_{k+1}^{2k+1} C_n\,Sin\,\{(nt-s)\,q\}+C_{2k+1}.\,0+(1-2r\,Cos\,qs+$$

$$+r^2)\sum_{2k+2}^{c} C_n\,\{Sin\,\{nt-s)\,q\}+r\,Sin\,\{(nt-2s)\,q\}\}\Big]=$$

$$=\frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q)+\sum_{k+1}^{c} C_n\,Sin\,\{(nt-s)\,q\}+$$

$$+r\sum_{2k+2}^{c} C_n\,Sin\,\{nt-2s)\,q\}\Big],\qquad [(2k+1)\,t=2s<ct<3s],$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^{k-1} C_n\,Sin\,ntq+C_k(-Sin\,qs.Cos\,qs+$$

$$+r\,Sin\,qs-0)-(Sin\,qs-r\,Sin\,2\,qs+r^2\,Sin\,qs)\sum_{k+1}^{2k+1} C_n\,Cos\,ntq-$$

$$-r\,(Cos\,2\,qs-r\,Cos\,qs)\sum_{k+1}^{2k+1} C_n\,Sin\,ntq+C_{2k}\,Sin\,qs.(r^2-Cos\,2\,qs)+$$

$$+(Sin\,qs-r^2\,Sin\,3\,qs+r^3\,Sin\,2\,qs)\sum_{2k+1}^{c} C_n\,Cos\,ntq-r^2\,(Cos\,3\,qs-$$

$$-r\,Cos\,2\,qs)\sum_{2k+1}^{c} C_n\,Sin\,ntq\Big]=$$

$$=\frac{\pi}{2\,(1-2r\,Cos\,qs+r^2)}\Big[(r-Cos\,qs)\sum_1^c C_n\,Sin\,ntq+C_k.\,0+(1-$$

$$-2r\,Cos\,qs+r^2)\sum_{k+1}^{c} C_n\,Sin\,\{(nt-s)\,q\}+C_{2k}.\,0+(1-2r\,Cos\,qs+$$

$$+r^2)\sum_{2k+1}^{c} C_n\,Sin\,\{(nt-2s)\,q\}\Big]=\frac{\pi}{2}\Big[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q)+$$

$$+\sum_{k+1}^{c} C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}+r\sum_{2k+1}^{c} C_n\,Sin\,\{(nt-2s)q\}\Big],\ [2kt=2s<ct<3s].$$

12. Pour bien comprendre les réductions dont on a fait usage, observons qu'en premier lieu on a toujours développé suivant les préceptes du N°. 10 et qu'ensuite on a étendu de $n=1$ à $n=c$ la première sommation, qui allait de $n=1$ à $n=k-1$ ou à $n=k$, puisque $\sum_1^h = \sum_1^c - \sum_{h+1}^a$. Les fonctions à soustraire pouvaient dès lors se combiner avec la deuxième sommation, et ainsi jusqu'à la fin de la formule. Il est clair que les termes détachés pouvaient être admis, en entier ou en partie, sous les sommations. En comparant les résultats, au nombre de neuf, on voit qu'on peut les réduire aux quatre cas suivants, qui seuls diffèrent entre eux.

$$\int_0^\infty f_3(x)\,\frac{Sin\,sx}{1-2r\,Cos\,sx+r^2}\,\frac{qdx}{q^2-x^2}=\frac{\pi}{2}\,\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q),$$

$$[ct\leqq s]\ \ldots\ldots\ldots\ (\text{XIII}a)$$

$$=\frac{\pi}{2}\left[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q)+\sum_{k+1}^{c}C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}\right],$$

$$[kt\leqq s<ct\leqq 2s],\ \ldots\ (\text{XIII}b)$$

$$=\frac{\pi}{2}\left[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q)+\sum_{k+1}^{c}C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}+r\sum_{2k+1}^{c}C_n\,Sin\,\{(nt-2s)q\}\right],$$

$$[2s<ct<3s,\ 2kt\leqq 2s<(2k+1)t],\ \ldots\ (\text{XIII}c)$$

$$=\frac{\pi}{2}\left[\frac{r-Cos\,qs}{1-2r\,Cos\,qs+r^2}\,f_3(q)+\sum_{k+1}^{c}C_n\,Sin\,\{(nt-s)q\}+r\sum_{2k+2}^{c}C_n\,Sin\,\{(nt-2s)q\}\right],$$

$$[2s<ct<3s,\ (2k+1)t<2s\leqq 2(k+1)t],\ \ldots\ (\text{XIII}d)$$

Cet exemple suffira pour faire comprendre l'usage de la méthode, dont on pourra trouver plusieurs autres applications dans le Mémoire lui-même.

SUR LE

DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

EN PRÉSENCE DE L'OXYDE DE FER ET DE L'ALUMINE,

PAR

A. ADRIAANSZ.

Il y a environ trois ans [1]) j'ai communiqué un certain nombre de dosages de l'acide phosphorique, exécutés par la méthode de M. Chancel, c'est-à-dire, au moyen du nitrate de bismuth. La dissolution de nitrate de bismuth avait été préparée exactement d'après le procédé indiqué par M. Chancel, et, vu que même les plus faibles traces de chlore et d'acide sulfurique empêchent la précipitation complète du phosphate de bismuth, on avait toujours ajouté à la dissolution un peu de $AgNO^3$ et de $Ba(NO^3)^2$, puis séparé par la filtration le précipité produit. La valeur de la méthode, dans le cas où l'acide phosphorique ne se trouve en présence que des alcalis, ressortait avec évidence des résultats que j'avais obtenus, savoir:

Quantité de P^2O^5 trouvée dans 25 c.c.
de dissolution de phosphate de soude.

N°.	par la magnésie.	par le bismuth.	N°.	par la magnésie.	par le bismuth.
	Ie série.			IIIe série.	
1	0,05596	0,05565	1	0,04892	0,04979
2		0,05658	2	0,04861	0,05000
3		0,05646	3		0,04966
4		0,05658	4		0,04978
	IIe série.		5		0,04972
1	0,11340	0,11369	6		0,04948
2	0,11334				

---

[1]) Voyez *Arch. néerl.*, t. III, p. 186.

Les expériences de M. Holzberger [1]), qui avait trouvé qu'il se précipite toujours du sous-nitrate de bismuth avec le phosphate de bismuth, m'étaient encore inconnues à cette époque, et j'avais cru pouvoir expliquer le léger excès de P^2O^5, que me donnait habituellement le dosage par le bismuth, par la faible solubilité du précipité magnésique dans l'eau de lavage. Pour III N°. 2 l'eau de lavage fut mesurée, et il en résulta une correction [2]) de 0,00128 P^2O^5; 0,04861 devenait par conséquent 0,04989, quantité qui s'accordait avec celle trouvée par le bismuth.

J'avais aussi essayé la méthode en présence de la chaux, ce qui m'avait donné:

N°.	par la magnésie.	par le bismuth.
1	0,04892	0,04967
2	0,04861	0,04897

Enfin j'avais dosé l'acide phosphorique dans une dissolution à laquelle on avait préalablement ajouté du nitrate d'alumine et du nitrate de fer. Comme, dans ces conditions, le phosphate de bismuth renfermait toujours un peu de fer et d'alumine, le précipité était dissous dans HCl, le bismuth séparé par H^2S, l'excès de H^2S chassé par la chaleur, le fer oxydé à l'aide de quelques gouttes d'acide nitrique, et enfin, après l'addition de très peu d'acide citrique pour maintenir en solution les très petites quantités de fer et d'alumine, l'acide phosphorique était dosé par la magnésie. J'avais ainsi obtenu:

N°.	Ni alumine ni fer dans la dissolution; directement par la magnésie.	De l'alumine et du fer dans la dissolution; par le bismuth et ensuite par la magnésie.
1	0,05596	0,05469
2		0,05596
3		0,05539

---

1) *Archiv der Pharmacie*, t. 116, p. 37.

2) Fresenius, *Anleitung zur qualit. chem. Anal.* (1866), p. 333.

De ces chiffres j'avais cru pouvoir conclure que la méthode de M. Chancel donne des résultats très exacts, même quand il existe dans la matière des sels de chaux, de fer et d'alumine, et je n'avais par conséquent pas hésité à la recommander pour le dosage de P^2O^5 dans les terres arables. Il fallait dans ce cas précipiter par l'ammoniaque l'extrait chlorhydrique de la terre arable, redissoudre le précipité dans HNO^3, éloigner les traces de Cl et de H^2SO^4 par $AgNO^3$ et $Ba(NO^3)^2$, précipiter l'acide phosphorique par le nitrate de bismuth, et dans le précipité doser P^2O^5 par la magnésie, ainsi qu'il a été dit ci-dessus.

Peu de temps après la publication de ma Note, j'appris de différents côtés que la détermination de P^2O^5 dans les terres arables, telle que je l'avais conseillée, avait conduit à des résultats très peu satisfaisants, à ce point qu'il était souvent impossible de déceler l'acide phosphorique dans les terres par le bismuth, bien que cet acide y existât.

J'ai donc tâché de découvrir à quoi il fallait attribuer cet insuccès. L'idée la plus naturelle était que la précipitation se trouvait empêchée par une grande quantité de fer et d'alumine. Pour m'en assurer je fis les expériences suivantes.

Une solution qui contenait 0,0544 P^2O^5 + 0,0414 Fe^2O^3 + 0,0230 Al^2O^3 donna un précipité par la liqueur bismuthique au bout d'environ dix minutes; il se forma également un précipité dans une solution de 0,0544 P^2O^5 + 0,1242 Fe^2O^3 + 0,0690 Al^2O^3. Mais lorsqu'on ajouta un très grand excès de dissolution de fer et d'alumine, on n'observa plus le moindre précipité, même après un temps très long.

Il s'agissait maintenant de savoir si les sels de fer et d'alumine entravaient à un égal degré la précipitation du phosphate de bismuth. Quant au fer, tandis qu'un précipité prenait immédiatement naissance lorsque la quantité d'acide phosphorique était un peu grande par rapport à celle du fer, je trouvai qu'uue solution de 0,0544 gr. P^2O^5 + 0,2070 Fe^2O^3, c'est-à-dire de 26,2 P^2O^5 sur 100 Fe^2O^3, ne montrait après un laps de trois

jours qu'un trouble très léger, et qu'une quantité encore plus forte de fer maintenait le phosphate de bismuth complétement en solution. Les sels d'alumine au contraire mettaient beaucoup moins d'obstacles à la précipitation, comme des expériences préliminaires l'avaient déjà appris, et il parut en conséquence intéressant de rechercher jusqu'à quel rapport entre les quantités de P^2O^5 et Al^2O^3 la détermination quantitative de P^2O^5 par le nitrate de bismuth restait possible.

Le dosage de P^2O^5 dans le précipité de phosphate de bismuth se fit par la magnésie, suivant la méthode indiquée précédemment. Les résultats obtenus sont les suivants:

P^2O^5 en solution.	Al^2O^3 ajoutée à l'état de nitrate.	P^2O^5 sur 100 Al^2O^3	P^2O^5 trouvé dans le phosph. de bismuth par la magnésie.	OBSERVATIONS.
0,0638	0,1970	32,7	0,0645	Après l'addition du nitrate de bismuth, la liqueur fut abandonné à elle-même pendant 36 heures.
0,0638	0,3940	16,0	0,0631	Idem.
0,0544	0,8050	6,6	0,0532	Chauffé pendant 3 heures, puis abandonné pendant 24 heures.
0,0638	1,1810	5,4	0,0642	Abandonné pendant 36 heures.
0,0255	1,1379	2,2	0,0260	Chauffé pendant 4 heures, puis abandonné pendant 3 jours.
0,0255	2,5236	1,1	0,0228	Chauffé pendant 4 heures, puis abandonné pendant 3 jours.
0,0255	2,5236	1,1	0,0241	Idem.
0,0255	5,0472	0,5	0,0118	Idem.
0,0255	8,8326	0,28	—	

Dans cette dernière expérience, la liqueur ne montra pas le

plus léger précipité, après être restée en repos pendant 3 jours et avoir été chauffée pendant plusieurs jours. Avant l'addition du nitrate de bismuth les solutions furent toujours fortement étendues; le chauffage avait lieu au bain-marie. La petite quantité de P^2O^5, qui ordinairement a été trouvée de trop, doit probablement être attribuée à la difficulté d'obtenir parfaitement blanc par la calcination le pyrophosphate de magnésie provenant d'une dissolution qui renferme de l'acide tartrique ou de l'acide citrique.

Le tableau précédent montre que lorsque la proportion de P^2O^5 ne tombe pas au-dessous de 2 p. c. environ de celle de Al^2O^3, l'acide phosphorique peut être déterminé quantitativement, avec l'exactitude nécessaire, au moyen du nitrate de bismuth; tandis que nous avons vu plus haut que P^2O^5 ne peut plus être décelé qualitativement par ce réactif, même lorsque sa proportion s'élève encore à 26,2 p. c. de celle du fer existant dans la liqueur. Dans le cas toutefois où Fe^2O^3 existe en quantité beaucoup moindre, sa présence n'est pas un obstacle à ce que P^2O^5 puisse être déterminé à l'aide du bismuth; c'est ce qui résulte des trois dosages communiqués ci-dessus, et aussi de ceux exécutés récemment par MM. Birnbaum et Chojnacki, [1]) qui ont également séparé P^2O^5 du phosphate de fer par le moyen du bismuth; la quantité de P^2O^5, comparée à celle du fer, a donc dû dépasser ici de beaucoup 26,2 p. c., sans quoi il eût été impossible de trouver la proportion voulue de P^2O^5. Quoi qu'il en soit, mes expériences apprennent qu'il n'est pas prudent de séparer l'acide phosphorique directement par le bismuth, lorsqu'il est en présence du fer.

Il faut donc éloigner le fer, et pour cela j'ai procédé de la manière suivante.

Si à une dissolution convenablement étendue d'oxyde de fer et d'alumine dans l'acide chlorhydrique on ajoute une dissolution d'hyposulfite de soude, l'oxyde de fer, comme l'on sait, est

---

1) Fresenius, *Zeitschrift für analytische Chemie*, IX, 203.

transformé après quelque temps en oxydule, et si alors on chauffe la liqueur, l'alumine est précipitée, tandis que l'oxydule de fer reste dissous; dans le cas où la liqueur renferme en même temps de l'acide phosphorique, cet acide est complétement précipité avec l'alumine, il n'en reste pas une trace en dissolution. C'est de cette réaction que j'ai fait usage.

Une solution renfermant P^2O^5, Fe^2O^3 et Al^2O^3 fut additionnée d'hyposulfite de soude, abandonnée à elle-même jusqu'à ce que tout le Fe^2O^3 fût réduit en FeO, puis chauffée; de cette manière, le fer se trouva éloigné et l'acide phosphorique transporté sur l'alumine.

Le précipité d'alumine et d'acide phosphorique fut alors dissous dans HNO^3, l'acide phosphorique précipité de nouveau par le bismuth et finalement dosé dans cette combinaison par la magnésie. Lorsque le fer existe en très grande abondance, il arrive quelquefois qu'après l'échauffement avec l'hyposulfite de soude l'alumine précipitée contienne un peu de fer. L'alumine est alors redissoute dans HCl et traitée encore une fois par l'hyposulfite. Par ce moyen, quelque grande que soit la quantité de fer, l'acide phosphorique se laisse doser avec l'exactitude nécessaire; il ne faut pas perdre de vue toutefois que, d'après ce qui a été dit précédemment, la quantité de P^2O^5 ne doit pas être inférieure à 2 p. c. par rapport à celle de Al^2O^3.

Je cherchai encore à trouver quelque moyen de doser l'acide phosphorique même lorsqu'il se trouve vis-à-vis de l'alumine en proportion plus faible; je pensai que dans l'échauffement d'une dissolution d'alumine et d'acide phosphorique avec l'hyposulfite de soude, on pourrait peut-être découvrir une période où *tout* le P^2O^5 se précipiterait avec *une partie* de Al^2O^3, ce qui permettrait de transporter l'acide sur une fraction seulement de l'alumine; mais des expériences faites à ce sujet montrèrent que les choses ne se passent pas ainsi. Nonobstant cela, on est pourtant en état, par une extension de la méthode indiquée, de déterminer P^2O^5 quantitativement, même quand sa proportion, par rapport à celle de l'alumine, est beaucoup au-dessous de

2 p. c. En effet, après avoir transporté, à l'aide de l'hyposulfite de soude, l'acide phosphorique sur l'alumine, et avoir redissous celle-ci dans HNO^3, on peut ajouter une *quantité connue* d'acide phosphorique, quantité telle que l'acide atteigne ou plutôt dépasse 2 p. c. de l'alumine présente; alors seulement P^2O^5 pourra être précipité par le bismuth, puis dosé; le résultat de ce dosage, diminué de la quantité ajoutée, fera connaître la quantité cherchée.

Par tout ce qui vient d'être dit, je crois avoir établi que la méthode de M. Chancel convient surtout pour séparer P^2O^5 des dissolutions contenant de la chaux et de l'alumine; qu'elle peut servir au même usage quand la liqueur renferme une petite quantité de fer, mais non lorsque le fer y existe en abondance; qu'il est par conséquent toujours prudent, en cas de présence du fer, de transporter l'acide phosphorique sur l'alumine au moyen du traitement par l'hyposulfite de soude; enfin, qu'en présence de l'alumine, quelque grande qu'en soit la quantité, on peut toujours, par l'addition d'une quantité connue de P^2O^5, déterminer la proportion d'acide phosphorique qui existait dans la liqueur.

Toutes les difficultés que le dosage rencontre dans les terres arables sont donc surmontées. En peu de mots, et pour le répéter encore une fois, voici la marche que je suis actuellement.

A la dissolution chlorhydrique convenablement étendue on ajoute de l'hyposulfite de soude, et, après que la transformation de Fe^2O^3 en FeO est achevée, on chauffe; le précipité d'alumine chargée d'acide phosphorique étant lavé et dissous dans HNO^3, on ajoute un peu de $AgNO^3$ et de $Ba(NO^3)^2$ pour se débarrasser du chlore et de l'acide sulfurique, on étend fortement, on ajoute le nitrate de bismuth, on chauffe pendant 2 ou 3 heures au bain-marie, au bout d'une couple de jours on sépare par la filtration le phosphate de bismuth, et enfin on y dose l'acide phosphorique par la magnésie, comme il a été indiqué précédemment.

Par cette méthode on a encore exécuté les déterminations suivantes sur des échantillons de terres séchés à 120°.

	P_2O_5 trouvé.	Quantité de terre ou d'argile employée pour l'analyse.
Terre végétale du jardin du Laboratoire	0,22 p. c.	150 grammes.
Terre du même jardin, deux mois plus tard	0,257 „	150 „
Argile de Frise	0,36 „	50 „
Argile déposée par la mer dans l'île d'Ameland, en fragments arrondis	0,14 „	25 „
Alluvion du Wahal à Nimègue	0,17 „	5 „ (environ)
Alluvion de l'Yssel à Deventer	0,21 „	12 „ „
Vase très fine déposée par l'eau de la Meuse à Rotterdam	0,196 „	4 „ „

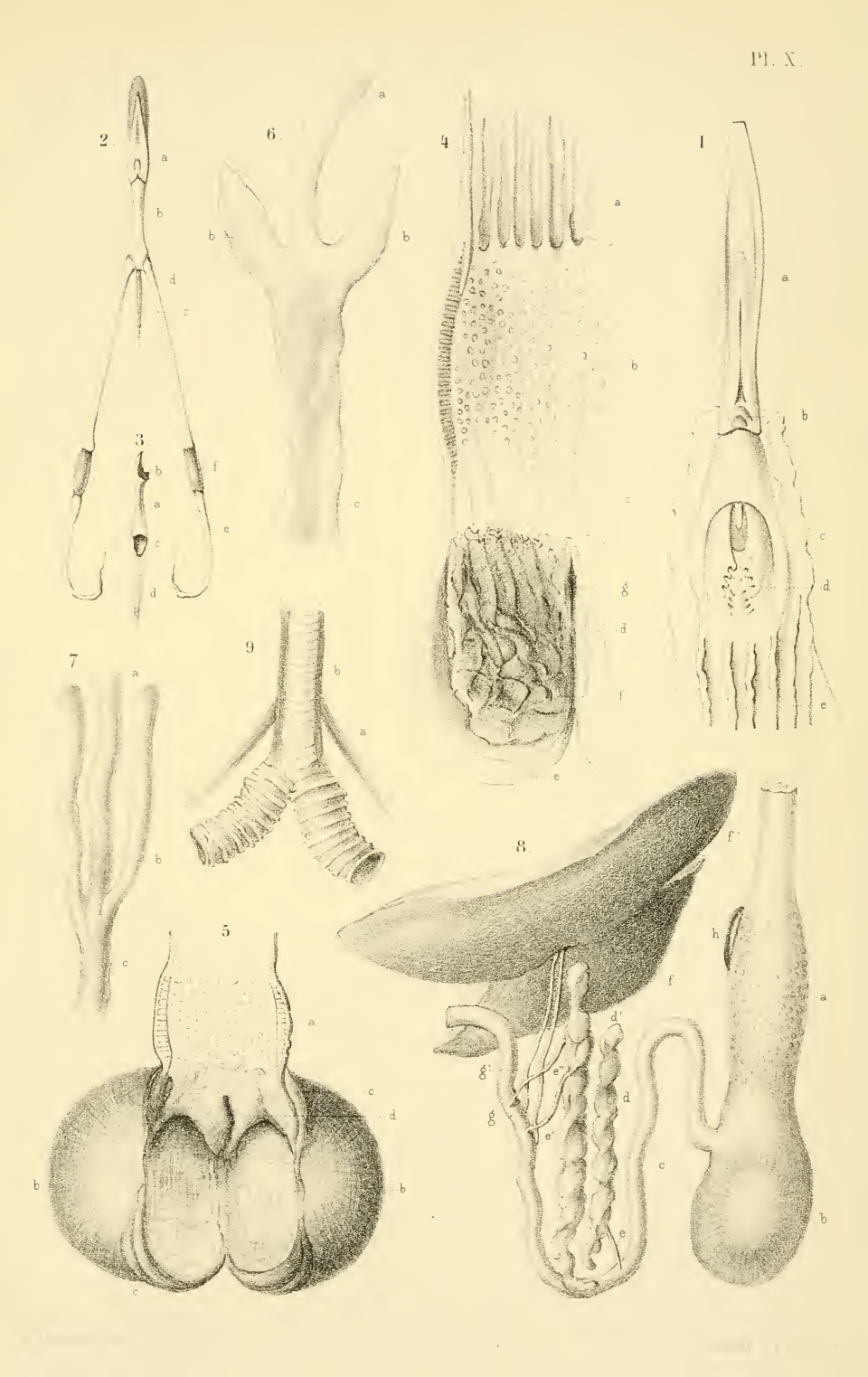
Dans ces analyses l'alumine fut dosée également, et on trouva que, par rapport à la quantité de cet élément, celle de l'acide phosphorique variait de 2,2 à 4 p. c., sauf pour l'argile marine déposée à Ameland, dans laquelle la proportion relative n'était que de 1,8 p. c.

Laboratoire de chimie de l'Athénée d'Amsterdam. Juillet 1870.

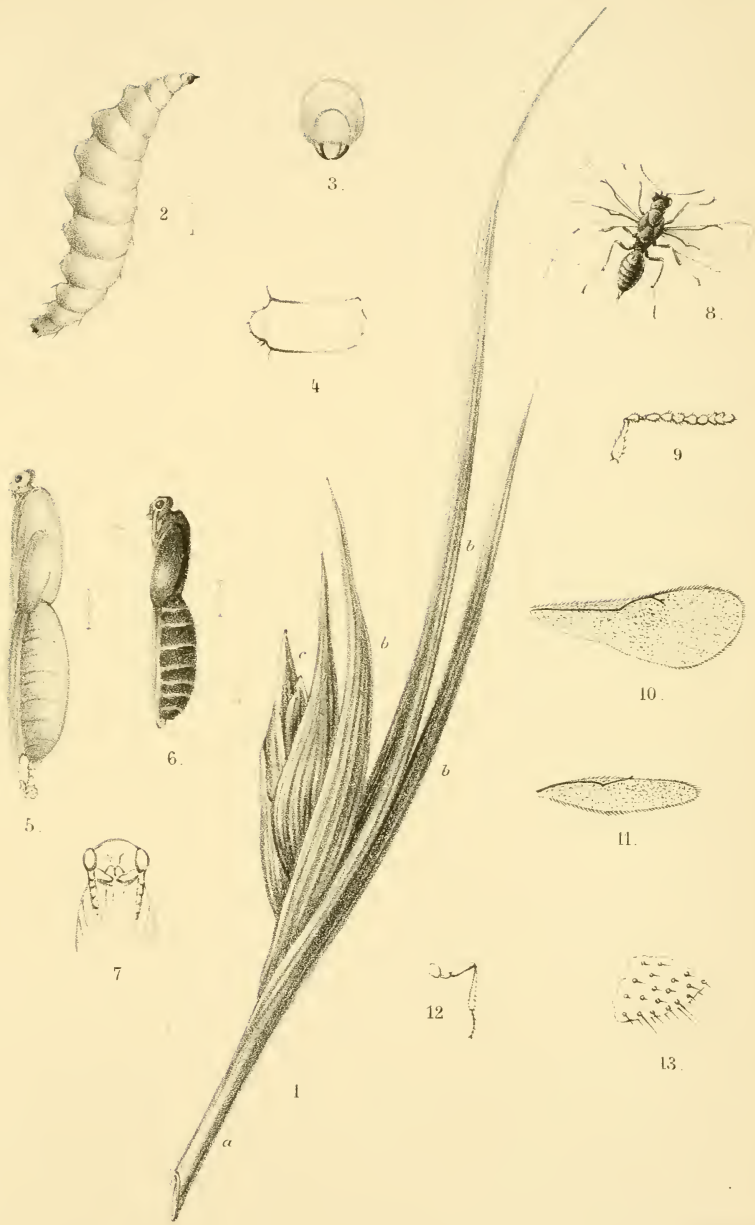
ERRATA.

Pag. 268 ligne 5 au lieu de: Au printemps de 1867; lire: Au printemps de 1868.

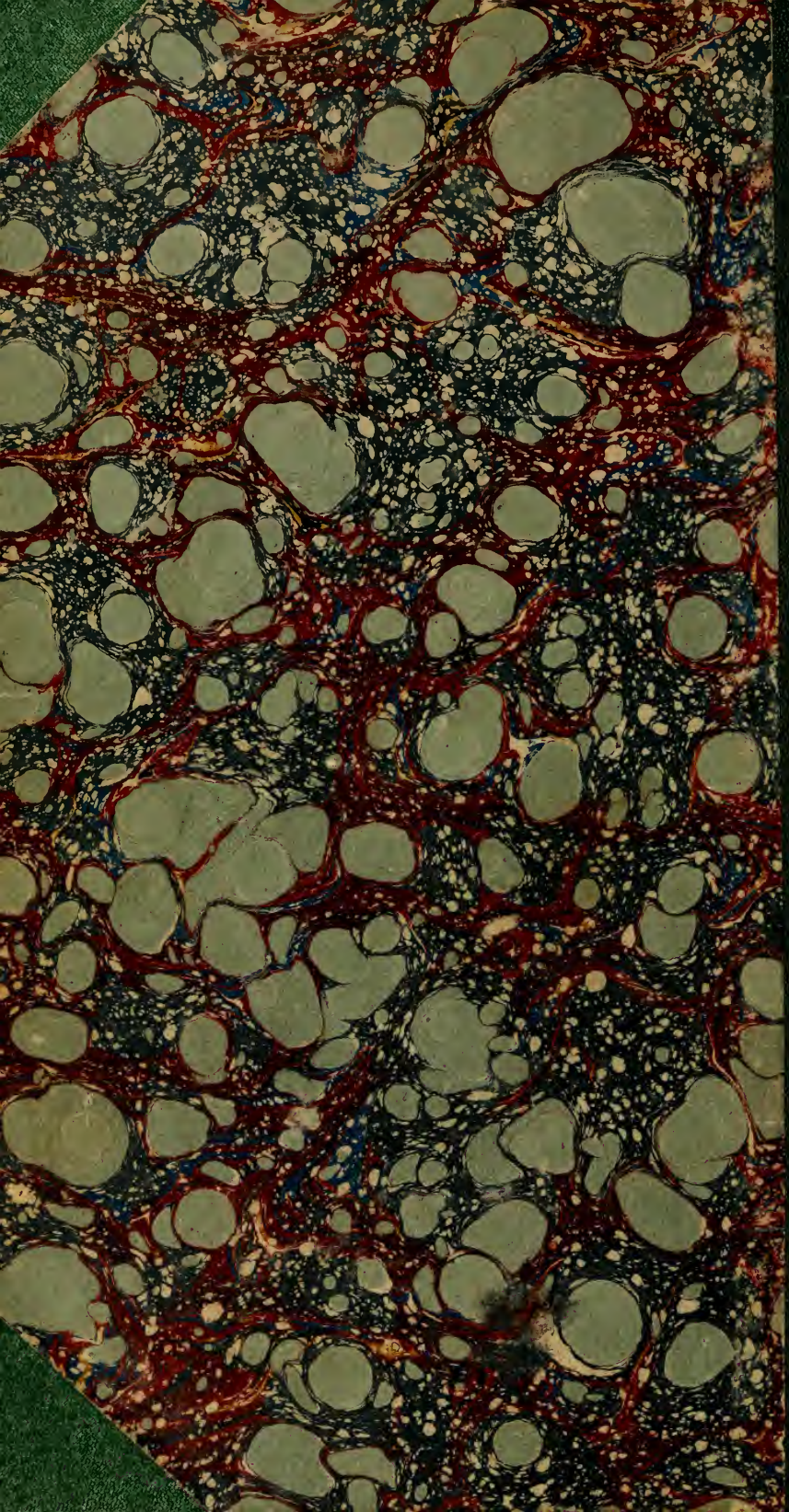
" 270 ligne 15 et 16 au lieu de: Elles se changèrent en insectes parfaits, ailés, mâles et femelles; lire: Elles se changèrent en insectes parfaits, mâles ailés et femelles aptères.


2.
a
b
d
c
6.
a
b
b
c
4
a
b
c
g
d
f
e
1
a
b
c
d
e
3
b
a
c
d
f
e
7
a
b
c
9
b
a
8.
f'
h
f
d'
g'
e''
d
g
e'
c
e
a
b

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10



Eurytoma longipennis.

Fig 1-8 H.W. J. Fee. Fig. 8-13 H.W. G. Fee.

3 2044 072 180 243